



**Finanziato
dall'Unione europea**
NextGenerationEU



Provincia di Ravenna

Settore Edilizia Scolastica e Patrimonio

Servizio Programmazione e Progettazione

INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO SISMICO PRESSO IL POLO TECNICO PROFESSIONALE DI
LUGO SEZIONE PROFESSIONALE "E. STOPPA" DI VIA FRANCESCO BARACCA, 62 - LUGO (RA)
PNRR - NEXT GENERATION EU - Missione 4, Componente 1, Investimento 3.3
CUP : J42C20000850001

PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

| | |
|---|--|
| Presidente: Michele de Pascale | Consigliere delegato Pubblica Istruzione - Edilizia Scolastica - Patrimonio: Maria Luisa Martinez |
| Dirigente responsabile del Settore: Ing. Paolo Nobile | Responsabile del Servizio: Arch. Giovanna Garzanti |

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO: Ing. Paolo Nobile

PROFESSIONISTI ESTERNI:

*ARCHITETTO RESPONSABILE DEL COORDINAMENTO DELLA
PROGETTAZIONE - COORDINATORE IN FASE DI PROGETTAZIONE
PER LA SICUREZZA E LA SALUTE NEI CANTIERI*

Arch. Roberto DI RAMIO

*INGEGNERE RESPONSABILE DEL PROGETTO DEFINITIVO ED
ESECUTIVO*

Ing. Massimo GEROSOLIMO PORZIELLA

*PROFESSIONISTI RESPONSABILI DELLA PROGETTAZIONE
EDILE ED ARCHITETTONICA*

Arch. Pietro LA GATTA

*PROFESSIONISTI RESPONSABILI DELLA PROGETTAZIONE
STRUTTURALE*

Ing. Sebastiano ORTU

Ing. Maurizio CIARROCCHI

Ing. Daniele CIANCHETTA

*PROFESSIONISTI RESPONSABILI DELLA PROGETTAZIONE
DEGLI IMPIANTI TECNOLOGICI*

Ing. Daniele CIANCHETTA

*GEOLOGO RESPONSABILE DELLA RELAZIONE
GEOLOGICA*

Geol. Primo FALCIONI

Arch. Roberto DI RAMIO

GIOVANE PROFESSIONISTA
Arch. Michele D'AMICO

ATI | Titolare del servizio di progettazione definitiva ed esecutiva e coordinamento per la sicurezza
in fase di progettazione

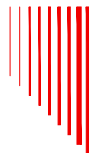
Capogruppo



INSIGHT & Co. S.r.l.

Via Tiburtina Valeria, 149/1
65129 Pescara (PE)
Tel. 085/4159367 - Fax. 085.2192520
e-mail: direzione@insight.co.it
PEC: insight@arubapec.it

Mandante



S.A.G.I. S.r.l.

Società per l'Ambiente, la Geologia e l'Ingegneria
Via Pasubio, 20
63074 San Benedetto del Tronto (AP)
Tel. e Fax. 0735.757580
e-mail: info@sagistudio.it
PEC: info@pec.sagistudio.it

Mandante



Via Spaventa, 10
63039 Sulmona (AQ)
Tel. 0864.51619 e Fax. 0864.576003
e-mail: studiotecnico@progettointegrato.it
PEC: massimo.gerosolimoporziella@ing.pe.eu

CONSULENTI (ai sensi del D.lgs. n. 50/2016)
Arch. Clelia Dell'Arciprete - Arch. Sara Menna - Ing. Francesca Orsini - Ing. Marianna Sabia

TITOLO ELABORATO:

RELAZIONE GEOLOGICA

| | | | | |
|--------------------------------------|-------------------------|------------------------------|--------|--|
| Elaborato num: PDE_STRU_01 | Revisione: 00 | Data: Ottobre 2022 | Scala: | Nome file: PDE_STRU_01_REL.GEO_r00 |
|--------------------------------------|-------------------------|------------------------------|--------|--|

Sommario

| | |
|--|-----------|
| 1.0 PREMESSA - NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 2 |
| 1.1 Premessa | 2 |
| 2.2 Norme di Riferimento | 2 |
| 2.0. UBICAZIONE E DESCRIZIONE DELL'AREA | 3 |
| 3.0 INQUADRAMENTO GEOLOGICO | 5 |
| 3.1 Geologia strutturale e litostratigrafica | 5 |
| 3.2 Geomorfologia ed Idrogeologia | 8 |
| 3.2.1 <i>Geomorfologia</i> | 8 |
| 3.2.2 <i>Idrogeologia</i> | 8 |
| 4.0 MODELLO STRATIGRAFICO E GEOTECNICO DEL SITO D'INTERESSE | 9 |
| 4.1 Unità Stratigrafiche | 10 |
| 4.2 Unità Litotecniche | 11 |
| 5.0. CARATTERIZZAZIONE SISMICA | 13 |
| 5.1 Sismicità storica | 13 |
| 5.2 Parametri sismici di sito | 14 |
| 5.3 Categoria del suolo | 15 |
| 5.4 Topografia di sito | 16 |
| 5.5 Frequenza caratteristica di sito | 16 |
| 5.6 Liquefazione | 17 |
| 5.7 Sintesi dei parametri sismici | 20 |

1.0 PREMESSA e NORME DI RIFERIMENTO

1.1 Premessa

La presente relazione illustra la metodologia ed i risultati dello studio geologico geotecnico e sismico, per ***l’AFFIDAMENTO DEL SERVIZIO DI ELABORAZIONE DELLA VERIFICA SISMICA E DELLA PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA DELLE OPERE DI MIGLIORAMENTO SISMICO DEL POLO TECNICO PROFESSIONALE DI LUGO, SEZIONE PROFESSIONALE “E. STOPPA” IN VIA F. BARACCA, 62 LUGO.***

Lo studio è stato articolato con le seguenti modalità:

-Individuazione dell’assetto geologico-geomorfologico generale della zona d’indagine e delle aree circostanti attraverso un rilevamento di campagna e sulla base di dati bibliografici.

-Programmazione delle indagini geognostiche sulla base delle conoscenze geologiche generali.

Le indagini sono state effettuate conformemente alle indicazioni AGI 1977 “Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche”, investigando il volume significativo del terreno in relazione alle opere da progettare e alle litologie coinvolte.

-Esecuzione delle indagini geognostiche.

-Analisi dei dati ottenuti e definizione del modello litostratigrafico litotecnico e sismico del sito.

-Stesura della relazione geologica sulla base delle risultanze delle indagini.

1.2 Norme di Riferimento

La relazione che segue viene redatta secondo quanto richiesto dal D.M. 17 Gennaio 2018 (Aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni (Supplemento ordinario alla “Gazzetta Ufficiale n. 42 del 20 febbraio 2018 - Serie generale) entrato in vigore nel marzo 2018.

Le normative di riferimento di cui ci si avvale per la stesura dell’elaborato in questione sono le seguenti:

-D.M. LL.PP. del 11/03/1988 - Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

-D.M. 16 Gennaio 1996 - Norme Tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi.

-D.M. 16 Gennaio 1996 - Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

-Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C. - Istruzioni per l’applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

-Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.3.2003 - Primi elementi in materia di criteri generali per la

classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

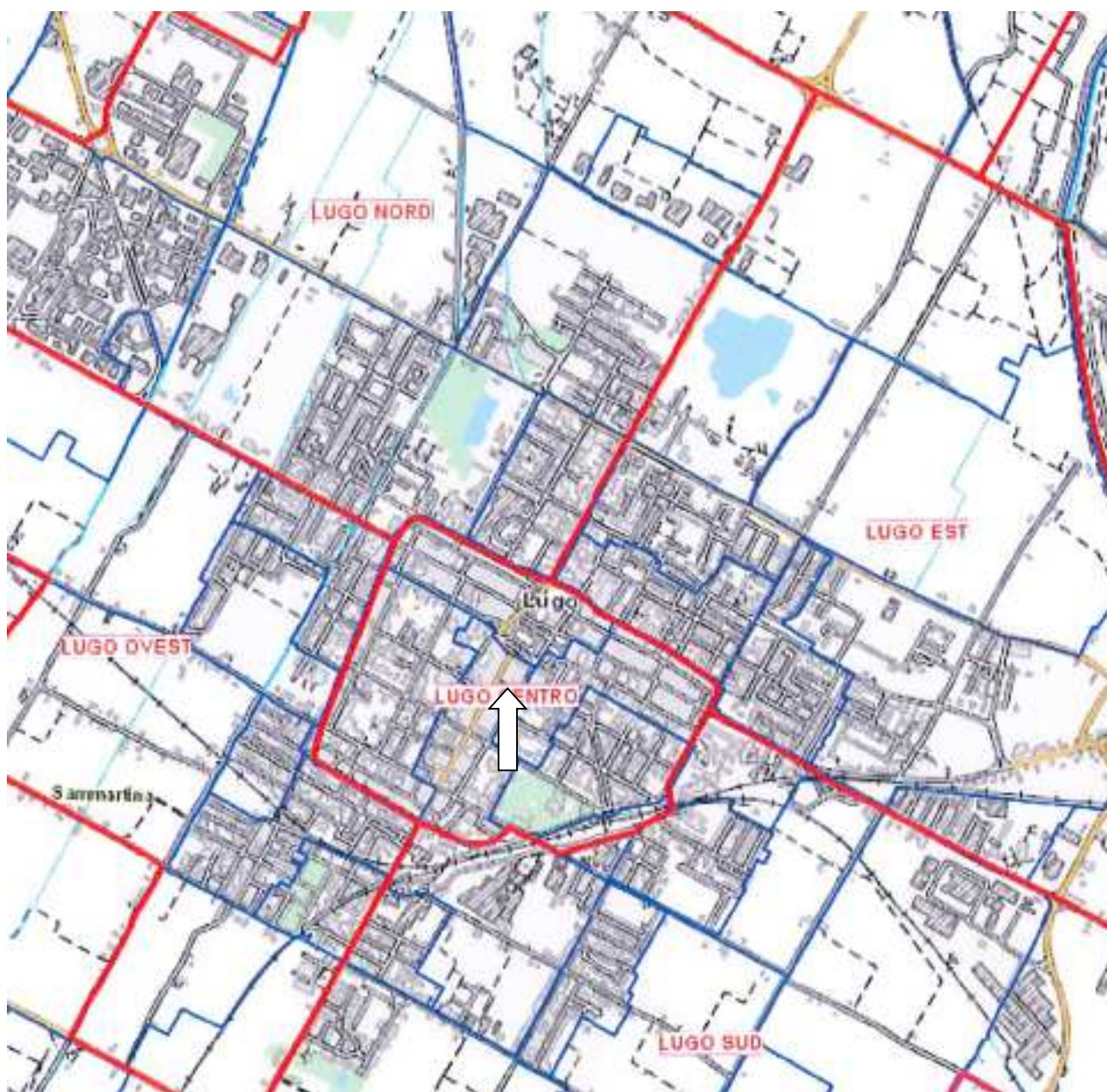
-D.M. 17 Gennaio 2018 - Aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni (Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale n. 42 del 20 febbraio 2018 - Serie generale) entrato in vigore nel marzo 2018.

2.0. UBICAZIONE E DESCRIZIONE DELL'AREA

L'edificio scolastico "Ernesta Stoppa" è situato nel centro urbano di Lugo di Romagna e precisamente all'incrocio fra Via Fratelli Cortesi e Via F. Baracca disponendosi al numero 62 di Via F. Baracca subito a Nord della Stazione Ferroviaria della città.



Istituto Professionale di Stato "E. Stoppa"



Topografica 1:25.000 . La C di CENTRO copre la scuola

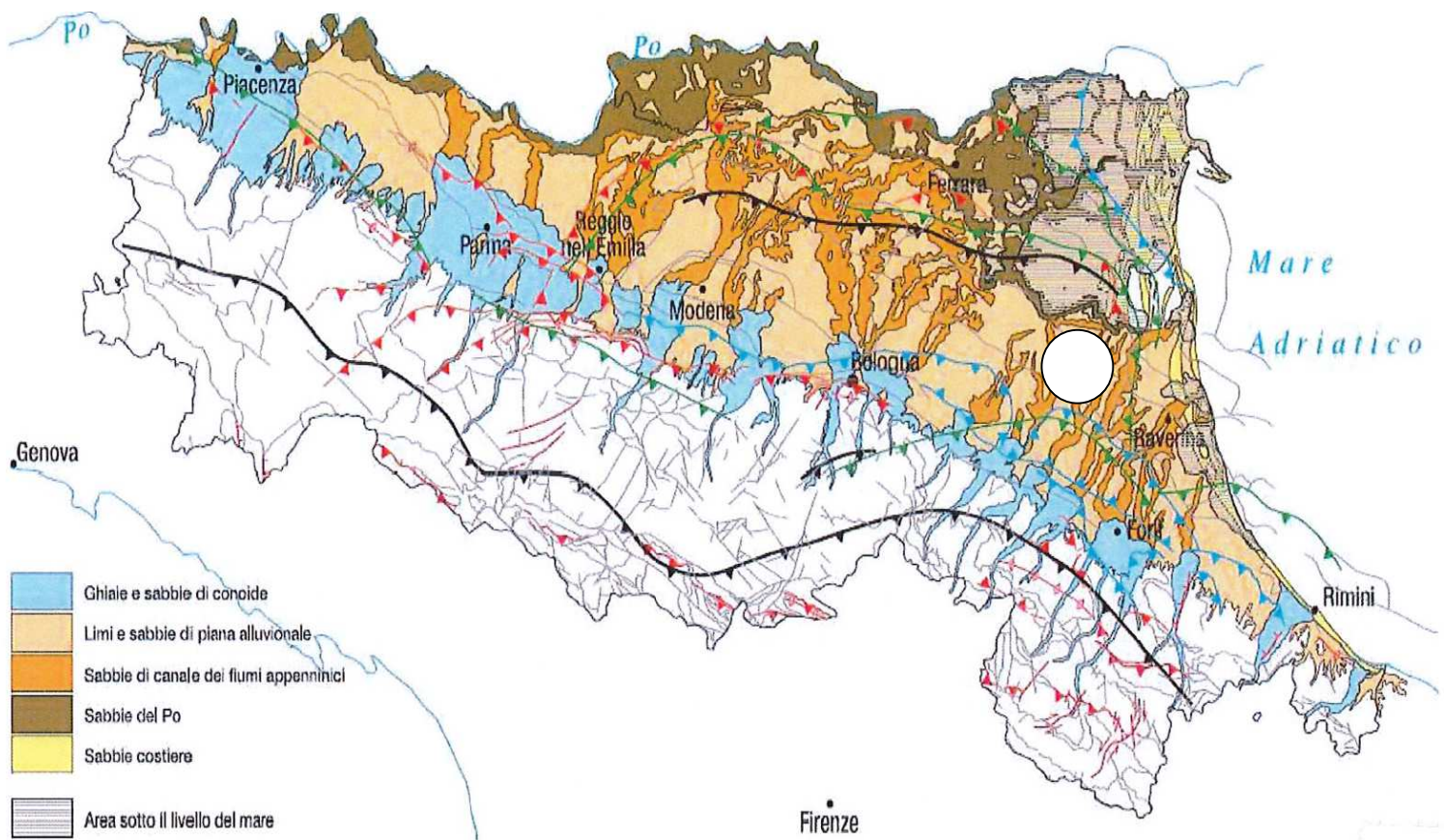
Lugo è suddiviso in 5 zone: Lugo Centro, Lugo Nord - Sud - Est e Ovest.

La scuola E. Stoppa è sita nella zona Lugo Centro a Nord della stazione ferroviaria.

3.0 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

3.1 Geologia strutturale e litostratigrafica

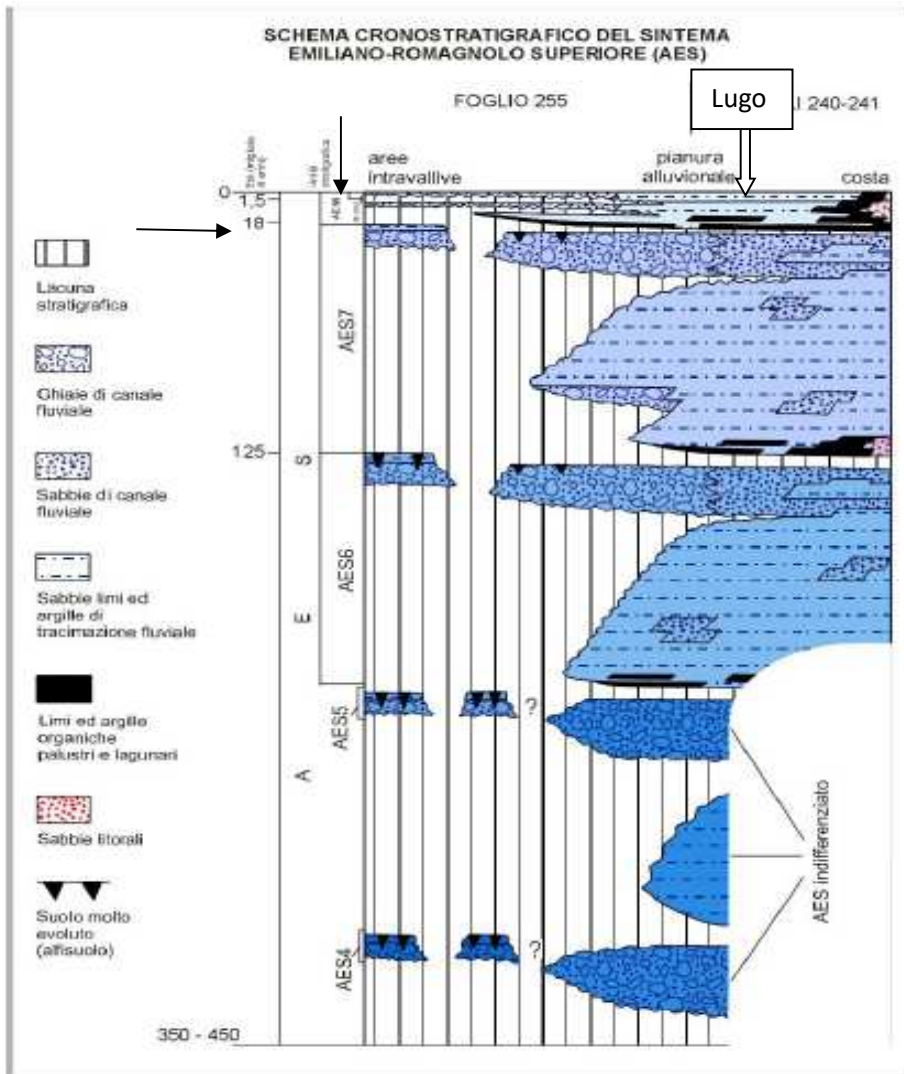
Il territorio di Lugo di Romagna appartiene geologicamente al dominio sedimentario “*Padano*” posto al bordo settentrionale del “*Sistema Appenninico*”. Trattasi di un’area con struttura geosinclinale subsidente, oggi pianeggiante, colmata da terreni alluvionali alla cui base vi sono le “*argille*” che fungono da sub strato. Il riempimento del bacino marino non è avvenuto in maniera continua e progressiva ma rappresenta il risultato di diverse fasi tettoniche con periodi di forte subsidenza alternati a periodi di minor subsidenza.



Schema strutturale della pianura Emiliano Romagnola (Carta sismotettonica della regione Emilia Romagna)

Nella cartografia geologica 1:50.000 (carta progetto CARD) le formazioni alluvionali vengono cartografate in base alla loro composizione granulometrica e anche in funzione del loro ambiente deposizionale tanto da avere sezioni litologiche simili ma di diverso ambiente deposizionale formando

diverse “Unità Stratigrafiche”. Queste “Unità” descrivono di fatto, il territorio in base alla storia geologica a cui è stato soggetto. A seguire lo schema crono stratigrafico che mette in evidenza quanto appena descritto potendosi osservare le litologie e le età delle principali “Unità Stratigrafiche” che riguardano i depositi quaternari del settore orientale e costiero della pianura emiliano romagnola. Lugo di Romagna e quindi anche la nostra scuola ricadono in questo sistema definito “Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES)”



↓ Indica la posizione di Lugo nello schema. ↓ Indica lo spessore dell'Unità AES8a su cui poggia Lugo. Lo spessore di questa Unità Stratigrafica non supera nel suo complesso i 25m che vengono raggiunti nei pressi della costa.

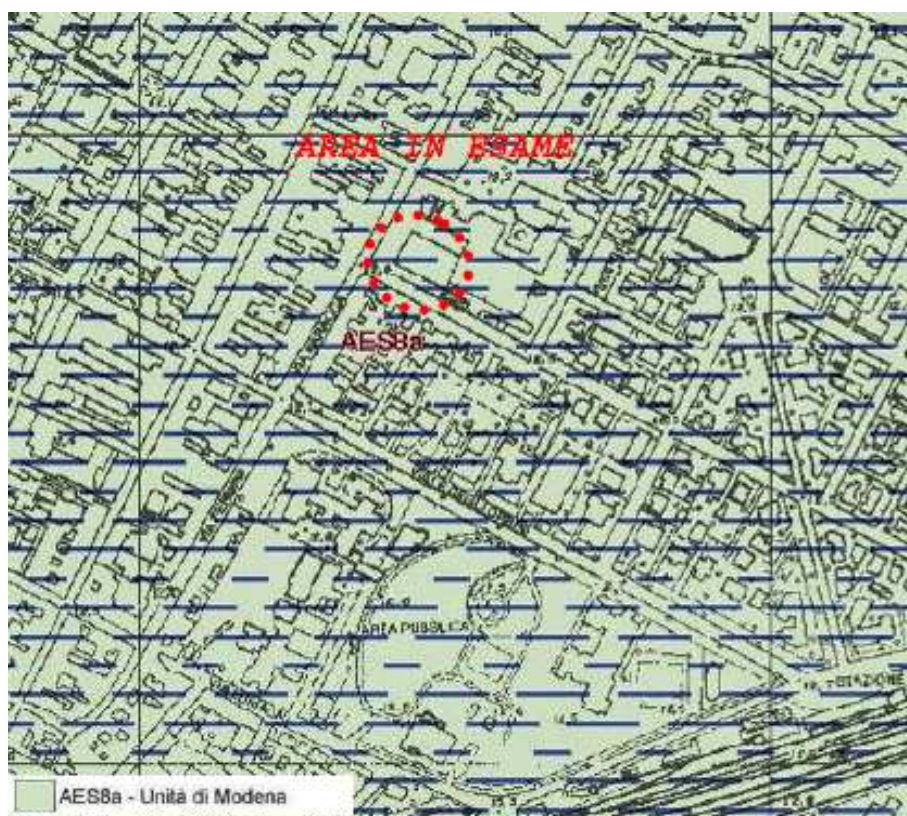
Il “*Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES)*” è stato suddiviso in diversi “*Subsistemi stratigrafici*” e, quello che interessa da vicino il nostro sito, è rappresentato dal **SUBSISTEMA DI RAVENNA (AES8)** che viene appresso spiegato.

SUBSISTEMA DI RAVENNA (AES8)

Ghiaie passanti, verticalmente e lateralmente a sabbie e limi organizzate in diversi ordini di terrazzo alluvionali presenti sia nei settori intervallivi che nella piana alluvionale. La parte più superficiale della formazione è rappresentata da suoli calcarei e non calcarei. Il tetto stratigrafico di questo “*Subsistema*” può essere costituito, là dove presente, da suoli non calcarei di colore bruno spessi da 0.50 a 1.50m che appartengono all’**Unità AES8a** definita **Unità di Modena**.

Lo spessore massimo di questa formazione è, per la zona in studio di 25m. L’età è riferibile al Pleistocene medio – Olocene.

Più in particolare per l’area in studio le litologie presenti sono di ambiente alluvionale distale cioè rappresentate in maniera predominante, da limi e limi argillosi. Lo schema stratigrafico sopra riportato evidenzia quanto appena detto confinando l’Unità AES8a nella porzione più superficiale della sezione che, come detto, non supera i 25m di spessore.



Carta Geologica in affioramento un'unica litologia rappresentata dall'Unità AES8a
UNITA' DI MODENA

3.2 Geomorfologia ed Idrogeologia

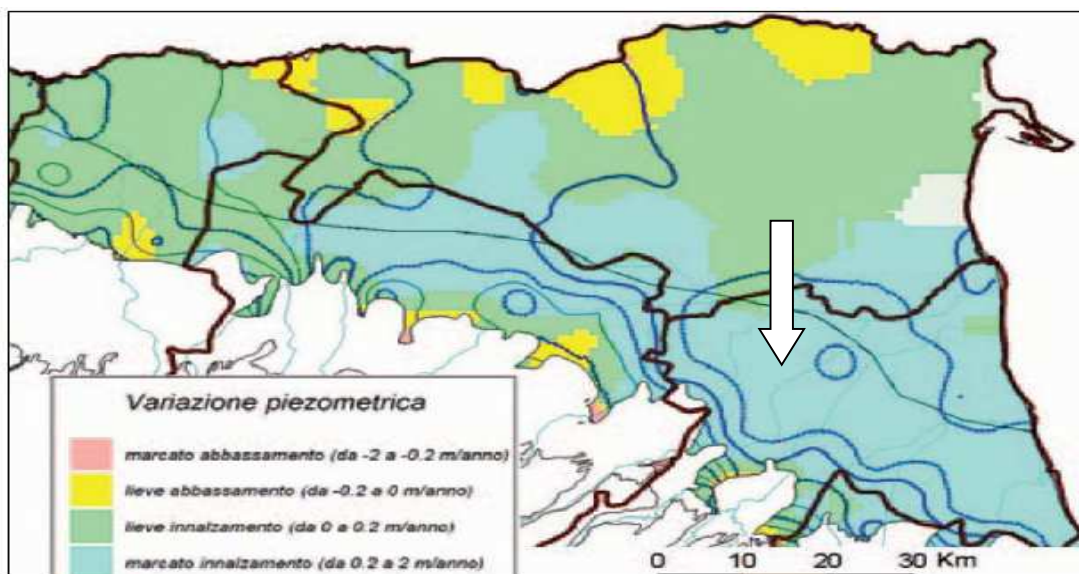
3.2.1 Geomorfologia

L'area in esame è pianeggiante con quote che discendono in maniera molto lieve, da Ovest verso Est. L'altezza media generale del sito è posta intorno ai 15m slm.

Trattasi di area urbanizzata dove non si evidenziano particolari problematiche in ordine alla sicurezza geomorfologica dei luoghi. Non esistono elementi che possono far pensare a movimenti né potenziali né in atto, potendosi quindi definire il sito, stabile sotto l'aspetto morfologico.

3.2.2 Idrogeologia

Sotto l'aspetto Idrogeologico generale, data la complessità litostratigrafica presente con il passaggio da SSW a NNE da litologie sepolte di conoide di versante, a litologie sepolte terrazzate della piana alluvionale appenninica, a litologie sepolte terrazzate della piana alluvionale padana si ha, in profondità, la formazione di importanti corpi idrici compresi nei vari "Subsistemi" (AES). Lo studio sulle "Caratteristiche degli acquiferi della regione Emilia Romagna" identifica tre gruppi di acquifero principali strettamente dipendenti e presenti nelle unità sepolte sopra descritte. A questa situazione idrogeologica regionale in cui anche Lugo di Romagna ne fa parte con presenza di falde importanti in profondità, si aggiunge, per la zona in studio, la presenza di una falda sospesa indipendente e meno importante da quelle più profonde sopra descritti stabilizzata intorno a 1.4 - 1.80m dal p.c.. Tale livello non è comunque un livello stabile in quanto direttamente influenzato dagli eventi meteorologici.



Estratto da "Caratteristiche degli acquiferi della regione Emilia Romagna" . - Acquifero principale

4.0 MODELLO STARIGRAFICO E GEOTECNICO DEL SITO D'INTERESSE

La caratterizzazione stratigrafica e litotecnica dell'area è stata ottenuta dalla realizzazione, in situ, di diverse prove geognostiche, alcune delle quali fatte per precedenti lavori, ed altre ad integrazione delle prime, per rispondere ai quesiti per il presente lavoro. Di fatto quindi, si può parlare di indagini reperite e di nuove indagini. Di seguito si riportano le indagini reperite e realizzate che si sono utilizzate per il presente lavoro.

Indagine reperita:

-Prova Penetrometrica Statica CPT profondo 15m (*Lavori di adeguamento normativo per il superamento delle barriere architettoniche. Dott. Geol Benedetti Gianluca 22 03 2011*);

Indagine diretta:

-Sondaggio a carotaggio continuo profondo 15m con realizzazione di n°3 prove in situ SPT (2.40, 6.50, 15.00m dal p.c.); prelievo di n°2 Campioni Indisturbati C.I.1 (1.90 – 2.40m), C.I.2 (6.00 6.50m).

Il sondaggio è stato realizzato dalla SOGECO srl il 29 12 2021.

I Campioni Indisturbati sono stati analizzati dalla GEOTEA srl il 29 12 2021;

-Realizzazione di una prova sismica attiva del tipo SASW / MASW e HVSR. Le prove sono state realizzate dalla ditta CASSEDIL srl il 09 09 2021.

A seguire la ubicazione della CPT del Sondaggio, Della MASW. La prova HVSR è stata fatta dove ora insiste il Penetrometro (CPT)



Prova CPT



Sondaggio a carotaggio continuo



Prova SASW / MASW

4.1 Unità Stratigrafiche



A

Terreno argilloso - limoso.

Spessore 0.00m - 3.80m

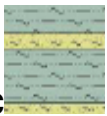
Terreni a granulometria mediofine il primo metro è di origine antropica (1). È presente una falda (falda sospesa) con livello stabilizzato a 1.40m.



B

Terreno argilloso – limoso e limoso argilloso simile al precedente ma più consistente

Spessore 5.00m



C

Terreno argilloso limoso con straterelli sabbiosi fini Consistente. Spessore 6.20m f.f.

I terreni descritti fanno parte, escluso il primo metro (terreno antropico) della formazione definita stratigraficamente UNITA' di MODENA. Questa unità, come già detto, ha uno spessore nella zona di Lugo, dai 18 ai 25m e quindi comprende tutta la sezione stratigrafica investigata essendo il sondaggio profondo 15m.

I terreni investigati risultano immersi in acqua con livello freatico posto in prossimità del p.c. (1.40m), per questo motivo si sono prelevati n° 2 campioni a 1.90m e a 6.00m per sottoporli ad analisi di laboratorio con lo scopo principale di verificarne la potenzialità alla "LIQUEFAZIONE". Nel capitolo successivo, oltre ai valori granulometrici scaturiti dal laboratorio, si riporteranno i valori geotecnici scaturiti dalle prove SPT realizzate in foro di sondaggio oltre ai dati scaturiti dalla prova CPT realizzata precedentemente per un altro lavoro ma sempre nel perimetro della scuola in oggetto come la foto di riferimento, sopra riportata, evidenzia.

4.2 Unità Litotecniche

I parametri che seguono scaturiscono da prove dirette realizzate in loco (SPT e Prove di Laboratorio oltre ad una prova reperita CTP).

A seguire si riportano le varie Unità già individuate nella valutazione stratigrafica che verranno parametrizzate sotto l'aspetto geotecnico.

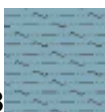


A Terreno argilloso - limoso.

Spessore 0.00m - 3.80m

Terreni a granulometria mediofine il primo metro è di origine antropica (1). E' presente una falda (falda sospesa) con livello stabilizzato a 1.40m.

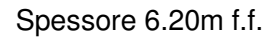
| | | |
|--------------------------------------|---|----------------------------|
| γ (peso di volume) | = | 1.85 t/m ³ ; |
| γ' (peso di volume efficace) | = | 0.88 t/m ³ ; |
| Cu (Coesione non drenata) | = | 0.49 kg/cm ² ; |
| *c' (Coesione drenata) | = | 0.03 kg/cm ² ; |
| Ed (Modulo Edometrico) | = | 41.23 kg/cm ² ; |
| AGI Classificazione | = | Mediamente Consistente. |



B Terreno argilloso – limoso e limoso argilloso simile al precedente ma più consistente

Spessore 5.00m

| | | |
|-------------------------------------|---|----------------------------|
| γ (peso di volume) | = | 1.90 t/m ³ ; |
| γ' (peso di volume efficace) | = | 0.90 t/m ³ ; |
| Cu (Coesione non drenata) | = | 0.66 kg/cm ² ; |
| *c' (Coesione drenata) | = | 0.06 kg/cm ² ; |
| Ed (Modulo Edometrico) | = | 51.20 kg/cm ² ; |
| AGI Classificazione | = | Mediamente Consistente. |

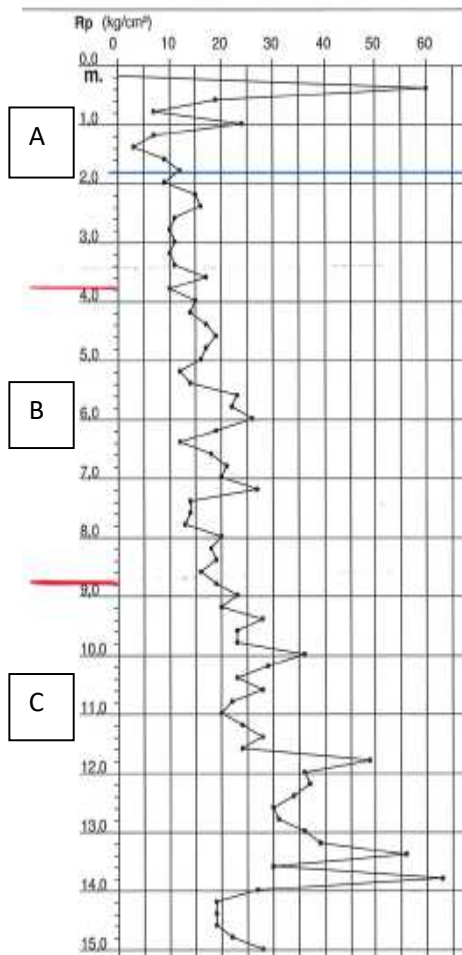


| | | |
|-------------------------------------|---|--|
| γ (peso di volume) | = | 1.95 t/m ³ ; |
| γ' (peso di volume efficace) | = | 0.95 t/m ³ ; |
| Cu (Coesione non drenata) | = | 1.00 kg/cm ² ; |
| *c' (Coesione drenata) | = | 0.1 kg/cm ² ; |
| Ed (Modulo Edometrico) | = | 71.610 kg/cm ² ; |
| AGI Classificazione | = | Da Mediamente Consistente a Consistente. |

- committente : Studio ENSER
- lavoro : Ascensore esterno
- località : Ist. Stoppa, Lugo (RA)

- committente : Studio ENSER
- lavoro : Ascensore esterno
- località : Isl. Stoppa, Lugo (RA)
- note :

- data : 22/03/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,80 m da quota inizio
- pagina : 1



| NATURAL COBBLE | | | | | | | | | | | | | | NATURAL GRANULAR | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|----------------------|--------|---------|-------------------------------|------------------------|-----------------------|---------|-------------------------|------------------------|-----------------------|------|---------|---------|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|------------------------|------------------------|-----------------------|------|------|--|--|--|
| Prot. m | Rp kg/m ³ | Rp (l) | Natural | Y ² m ² | p/v kg/cm ² | Cu kg/cm ² | OCR (-) | E205 kg/cm ² | E25 kg/cm ² | No kg/cm ² | Dr % | a1s (-) | a2s (-) | a3s (-) | a4s (-) | a5s (-) | a6s (-) | a7s (-) | a8s (-) | E20 kg/cm ² | E25 kg/cm ² | Mo kg/cm ² | | | | | |
| 0.20 | 17 | 17 | 1.05 | 0.04 | 1.05 | 0.04 | 1.05 | 0.04 | 1.05 | 0.04 | 1.05 | 0.04 | 1.05 | 0.04 | 1.05 | 0.04 | 1.05 | 0.04 | 1.05 | 0.04 | 1.05 | 0.04 | 1.05 | 0.04 | | | |
| 0.40 | 17 | 17 | 1.05 | 0.04 | 1.05 | 0.04 | 1.05 | 0.04 | 1.05 | 0.04 | 1.05 | 0.04 | 1.05 | 0.04 | 1.05 | 0.04 | 1.05 | 0.04 | 1.05 | 0.04 | 1.05 | 0.04 | 1.05 | 0.04 | | | |
| 0.60 | 17 | 17 | 1.05 | 0.04 | 1.05 | 0.04 | 1.05 | 0.04 | 1.05 | 0.04 | 1.05 | 0.04 | 1.05 | 0.04 | 1.05 | 0.04 | 1.05 | 0.04 | 1.05 | 0.04 | 1.05 | 0.04 | 1.05 | 0.04 | | | |
| 1.00 | 34 | 20 | 1.05 | 0.18 | 0.85 | 0.18 | 0.85 | 0.18 | 0.85 | 0.18 | 0.85 | 0.18 | 0.85 | 0.18 | 0.85 | 0.18 | 0.85 | 0.18 | 0.85 | 0.18 | 0.85 | 0.18 | 0.85 | 0.18 | | | |
| 1.20 | 7 | 21 | 1.05 | 0.22 | 0.85 | 0.22 | 0.85 | 0.22 | 0.85 | 0.22 | 0.85 | 0.22 | 0.85 | 0.22 | 0.85 | 0.22 | 0.85 | 0.22 | 0.85 | 0.22 | 0.85 | 0.22 | 0.85 | 0.22 | | | |
| 1.40 | 3 | 15 | 1.05 | 0.15 | 0.85 | 0.15 | 0.85 | 0.15 | 0.85 | 0.15 | 0.85 | 0.15 | 0.85 | 0.15 | 0.85 | 0.15 | 0.85 | 0.15 | 0.85 | 0.15 | 0.85 | 0.15 | 0.85 | 0.15 | | | |
| 1.60 | 3 | 15 | 1.05 | 0.15 | 0.85 | 0.15 | 0.85 | 0.15 | 0.85 | 0.15 | 0.85 | 0.15 | 0.85 | 0.15 | 0.85 | 0.15 | 0.85 | 0.15 | 0.85 | 0.15 | 0.85 | 0.15 | 0.85 | 0.15 | | | |
| 2.00 | 18 | 22 | 2.00 | 0.32 | 0.31 | 0.57 | 13.2 | 97 | 146 | 45 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 2.20 | 18 | 22 | 2.00 | 0.32 | 0.31 | 0.57 | 13.2 | 97 | 146 | 45 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 2.40 | 16 | 27 | 2.00 | 0.36 | 0.37 | 0.70 | 13.8 | 118 | 177 | 52 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 2.60 | 11 | 15 | 2.00 | 0.31 | 0.39 | 0.54 | 9.4 | 93 | 138 | 42 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 2.80 | 10 | 20 | 2.00 | 0.30 | 0.41 | 0.56 | 8.1 | 97 | 146 | 45 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 3.00 | 11 | 27 | 2.00 | 0.31 | 0.42 | 0.54 | 8.4 | 101 | 151 | 42 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 3.20 | 10 | 25 | 2.00 | 0.30 | 0.44 | 0.50 | 7.3 | 109 | 166 | 40 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 3.40 | 11 | 30 | 2.00 | 0.37 | 0.46 | 0.54 | 7.6 | 112 | 168 | 42 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 3.60 | 12 | 36 | 2.00 | 0.42 | 0.51 | 0.57 | 6.2 | 123 | 183 | 40 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 3.80 | 10 | 25 | 2.00 | 0.30 | 0.50 | 0.50 | 6.3 | 129 | 183 | 40 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 4.00 | 15 | 20 | 2.00 | 0.36 | 0.52 | 0.67 | 5.7 | 129 | 183 | 40 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 4.20 | 14 | 21 | 2.00 | 0.34 | 0.53 | 0.64 | 5.8 | 128 | 183 | 40 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 4.40 | 17 | 23 | 2.00 | 0.37 | 0.55 | 0.72 | 5.8 | 131 | 197 | 54 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 4.60 | 19 | 26 | 2.00 | 0.39 | 0.57 | 0.78 | 6.2 | 138 | 204 | 58 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 4.80 | 17 | 28 | 2.00 | 0.37 | 0.59 | 0.72 | 5.1 | 142 | 213 | 54 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 5.00 | 16 | 28 | 2.00 | 0.36 | 0.58 | 0.70 | 4.4 | 154 | 228 | 52 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 5.20 | 12 | 20 | 2.00 | 0.32 | 0.53 | 0.57 | 5.6 | 170 | 255 | 45 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 5.40 | 14 | 21 | 2.00 | 0.34 | 0.55 | 0.64 | 6.1 | 171 | 256 | 48 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 5.60 | 23 | 34 | 2.00 | 0.48 | 0.67 | 0.84 | 6.3 | 197 | 310 | 61 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 5.80 | 26 | 38 | 2.00 | 0.50 | 0.68 | 0.85 | 8.2 | 164 | 245 | 68 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 6.00 | 19 | 28 | 2.00 | 0.39 | 0.57 | 0.78 | 6.8 | 183 | 274 | 58 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 6.20 | 14 | 21 | 2.00 | 0.34 | 0.55 | 0.64 | 4.5 | 207 | 310 | 61 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 6.40 | 16 | 30 | 2.00 | 0.36 | 0.58 | 0.70 | 6.2 | 199 | 289 | 56 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 6.60 | 21 | 33 | 2.00 | 0.40 | 0.63 | 0.78 | 6.0 | 207 | 310 | 61 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 6.80 | 25 | 40 | 2.00 | 0.43 | 0.78 | 0.95 | 7.8 | 198 | 298 | 61 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 7.00 | 14 | 19 | 2.00 | 0.34 | 0.53 | 0.64 | 4.5 | 232 | 348 | 48 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 7.20 | 14 | 19 | 2.00 | 0.34 | 0.53 | 0.64 | 4.4 | 237 | 356 | 48 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 7.40 | 14 | 19 | 2.00 | 0.34 | 0.53 | 0.64 | 4.4 | 237 | 356 | 48 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 7.60 | 14 | 19 | 2.00 | 0.34 | 0.53 | 0.64 | 4.4 | 237 | 356 | 48 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 7.80 | 14 | 19 | 2.00 | 0.34 | 0.53 | 0.64 | 4.4 | 237 | 356 | 48 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 8.00 | 20 | 27 | 2.00 | 0.40 | 0.63 | 0.80 | 5.5 | 340 | 360 | 60 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 8.20 | 18 | 34 | 2.00 | 0.36 | 0.58 | 0.70 | 5.5 | 350 | 375 | 56 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 8.40 | 19 | 28 | 2.00 | 0.39 | 0.59 | 0.78 | 5.5 | 355 | 385 | 58 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 8.60 | 20 | 27 | 2.00 | 0.40 | 0.63 | 0.80 | 5.3 | 364 | 385 | 52 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 8.80 | 19 | 28 | 2.00 | 0.39 | 0.58 | 0.78 | 6.8 | 357 | 401 | 56 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 9.00 | 23 | 34 | 2.00 | 0.43 | 0.78 | 0.95 | 5.4 | 388 | 401 | 60 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 9.20 | 23 | 34 | 2.00 | 0.43 | 0.78 | 0.95 | 5.4 | 388 | 401 | 60 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 9.40 | 28 | 40 | 2.00 | 0.48 | 0.96 | 1.02 | 5.7 | 407 | 408 | 84 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 9.60 | 33 | 47 | 2.00 | 0.54 | 1.04 | 0.87 | 5.0 | 408 | 430 | 60 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 9.80 | 33 | 47 | 2.00 | 0.54 | 1.04 | 0.87 | 5.0 | 408 | 430 | 60 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 10.00 | 33 | 47 | 2.00 | 0.54 | 1.04 | 0.87 | 5.0 | 408 | 430 | 60 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 10.20 | 33 | 47 | 2.00 | 0.54 | 1.04 | 0.87 | 5.0 | 408 | 430 | 60 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 10.40 | 23 | 34 | 2.00 | 0.43 | 0.78 | 0.95 | 5.5 | 298 | 444 | 87 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 10.60 | 23 | 34 | 2.00 | 0.43 | 0.78 | 0.95 | 5.5 | 298 | 444 | 87 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 10.80 | 23 | 34 | 2.00 | 0.43 | 0.78 | 0.95 | 5.5 | 298 | 444 | 87 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 11.00 | 22 | 27 | 2.00 | 0.39 | 0.57 | 0.78 | 6.8 | 320 | 480 | 86 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 11.20 | 20 | 23 | 2.00 | 0.36 | 0.54 | 0.63 | 3.9 | 326 | 489 | 60 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 11.40 | 24 | 28 | 2.00 | 0.44 | 0.88 | 0.94 | 4.4 | 350 | 495 | 72 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 11.60 | 24 | 28 | 2.00 | 0.44 | 0.88 | 0.94 | 4.4 | 350 | 495 | 72 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 11.80 | 24 | 28 | 2.00 | 0.44 | 0.88 | 0.94 | 4.4 | 350 | 495 | 72 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 12.00 | 24 | 28 | 2.00 | 0.44 | 0.88 | 0.94 | 4.4 | 350 | 495 | 72 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 12.20 | 37 | 46 | 2.00 | 0.58 | 1.24 | 1.24 | 4.2 | 441 | 511 | 72 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 12.40 | 37 | 46 | 2.00 | 0.58 | 1.24 | 1.24 | 4.2 | 441 | 511 | 72 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 12.60 | 30 | 40 | 2.00 | 0.48 | 0.96 | 1.20 | 6.0 | 330 | 907 | 108 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0.258 | 100 | 150 | 180 | 58 | 67 | | | | |
| 12.80 | 34 | 40 | 2.00 | 0.48 | 0.96 | 1.20 | 6.0 | 330 | 907 | 108 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | | | | | | | | | | |

5.0 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Prima di entrare nel merito di valutazioni specifiche alcune considerazioni di sismicità storica riprese dallo studio redatto dal *“Geol Gianluca Benedetti”* che ha redatto una relazione per *“L’adeguamento normativo per il superamento delle barriere architettoniche”* per la stessa scuola.

5.1 Sismicità storica

“

Al fine di inquadrare dal punto di vista della sismicità storica l’area in esame, si riporta di seguito un breve riepilogo delle osservazioni macrosismiche di terremoti al di sopra della soglia del danno che hanno interessato storicamente il Comune di Lugo. Nello specifico, le informazioni riportate di seguito derivano dalla consultazione del DBMI04, il database macrosismico utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI04, realizzato con il contributo parziale del progetto INGV-DPC S1.

Tabella.1: storia sismica del Comune di Lugo (RA)

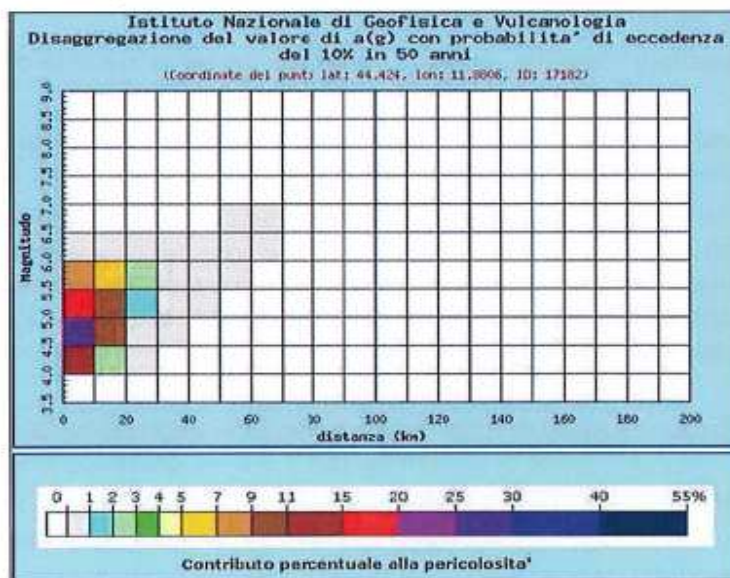
| Numero di eventi: 28 | | | | | | | | |
|----------------------|---------------------------------|----|----|----|----|------------------------|-----|----------|
| Effetti | In occasione del terremoto del: | | | | | | | |
| Is | Anno | Me | Gi | Or | Mi | Area epicentrale | Np | Ix Mw |
| 4 | 1505 | 01 | 03 | 02 | | Bologna | 31 | 7 5.47 |
| NC | 1570 | 11 | 17 | 19 | 10 | Ferrara | 60 | 8 5.48 |
| 8-9 | 1688 | 04 | 11 | 11 | 30 | ROMAGNA | 36 | 9 5.88 |
| 4 | 1873 | 03 | 12 | 20 | 04 | Marche meridionali | 196 | 9 5.88 |
| 2-3 | 1874 | 10 | 07 | | | IMOLESE | 60 | 7 4.99 |
| 4 | 1875 | 03 | 17 | 23 | 51 | Romagna sud-orient. | 143 | 8 5.74 |
| 2-3 | 1878 | 03 | 12 | 21 | 26 | Bolognese | 27 | 6 4.83 |
| 3 | 1887 | 09 | 30 | 15 | 52 | FAENZA | 11 | 6-7 4.83 |
| 4 | 1891 | 06 | 07 | 01 | 06 | Valle d'illasi | 403 | 9 5.71 |
| NE | 1897 | 12 | 18 | 07 | 24 | Appennino umbro-march. | 132 | 7-8 5.18 |
| NE | 1898 | 01 | 16 | 12 | 10 | Romagna settent. | 73 | 7 5.03 |
| NE | 1904 | 06 | 10 | 11 | 15 | Frigiano | 96 | 7 5.08 |
| NE | 1904 | 11 | 17 | 05 | 02 | PISTOIESE | 204 | 7 5.18 |
| 5-7 | 1909 | 01 | 13 | 00 | 45 | BASSA PADANA | 799 | 6-7 5.53 |
| 4-5 | 1911 | 02 | 19 | 07 | 18 | Romagna meridionale | 185 | 7 5.38 |
| 5 | 1914 | 10 | 27 | 09 | 22 | GARFAGNANA | 618 | 7 5.79 |
| 5 | 1916 | 08 | 16 | 07 | 06 | Alto Adriatico | 256 | 8 5.92 |
| 4 | 1918 | 06 | 29 | 15 | 06 | Mugello | 267 | 9 6.18 |
| 4 | 1920 | 09 | 07 | 05 | 55 | Garfagnana | 638 | 10 6.48 |
| 2 | 1929 | 07 | 18 | 21 | 02 | MUGELLO | 56 | 7 5.07 |
| 3 | 1930 | 10 | 30 | 07 | 13 | SENIGALLIA | 263 | 8-9 5.94 |
| 4 | 1935 | 06 | 05 | 11 | 48 | FAENTINO | 27 | 6 5.34 |
| 4 | 1936 | 02 | 20 | 01 | 29 | ARGENTIA | 32 | 5-6 4.98 |
| NE | 1960 | 10 | 29 | 00 | 09 | MUGELLO | 37 | 7 4.93 |
| 2-3 | 1983 | 11 | 09 | 16 | 29 | Farmense | 835 | 7 5.10 |
| 2 | 1984 | 04 | 29 | 05 | 02 | GOSSIO/VOLFABRICA | 709 | 7 5.68 |
| NE | 1986 | 12 | 06 | 17 | 07 | ECNEENO | 604 | 6 4.56 |
| 3 | 1989 | 09 | 13 | 21 | 53 | PASUBIO | 779 | 6-7 4.96 |

Magnitudo di riferimento

Al fine di definire la Magnitudo (M) di riferimento, ci si è riferiti alla disaggregazione sismica del terremoto di progetto.

La disaggregazione della pericolosità sismica consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito. La forma più comune di disaggregazione è quella bidimensionale in magnitudo e distanza (M - R) che permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M . Espresso in altri termini, il processo di disaggregazione in M - R fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento, di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio, che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso.

Per il terremoto di progetto, l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) fornisce tali valori e anche i valori medi. In Figura.5 è riportata la disaggregazione del valore di a_g con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.



disaggregazione del terremoto di progetto (da <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>)

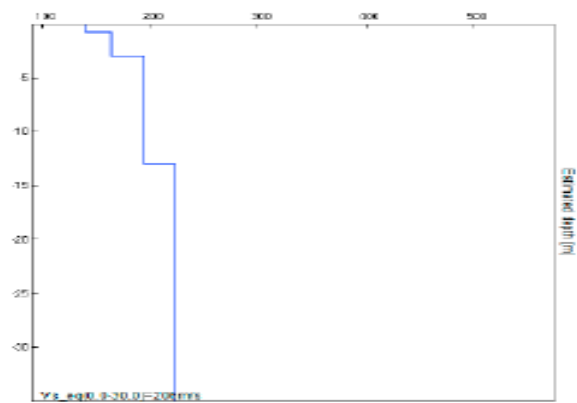
“

5.2 Parametri sismici di sito

Anche per quanto riguarda la parametrizzazione sismica dei terreni presenti e la risposta sismica del sito in generale, si fa riferimento ai dati ottenuti dalle prove specifiche realizzate in situ oltre al rilevamento geologico – geomorfologico. E' stata realizzata n°1 prova sismica attiva del tipo SASW / MASW dalla ditta CASSEDIL srl il 09/09/2021, come già detto.



Ubicazione prova SASW/MASW



Schema velocità onde S - $V_s \text{ eq} = 206 \text{ m/s}$

5.3 Categoria del suolo

La categoria del suolo è stata definita attraverso la realizzazione della prova sopra indicata (SASW / MASW) ottenendo un valore della $V_s \text{ eq}$ di 206m/s per cui il tipo di suolo attribuito al nostro sito è di un suolo di **Tipo C** – NTC 2018.

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica |
|-----------|--|
| A | Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m. |
| B | Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s. |
| C | Depositi di terreni a grana grossa medianamente addensati o terreni a grana fina medianamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s. |
| D | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s. |
| E | Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m. |

5.4 Topografia di sito

Dal punto di vista morfologico l'area è sita su una superficie pianeggiante di piana alluvionale. Da quanto detto, secondo le nuove normative sismiche NTC 2018, la categoria topografica da attribuire al sito è di **Tipo T1** (aree pianeggianti, pendii e rilievi isolati con pendenze inferiori a 15°).

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica |
|-----------|---|
| T1 | Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ |
| T2 | Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ |
| T3 | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ |
| T4 | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$ |

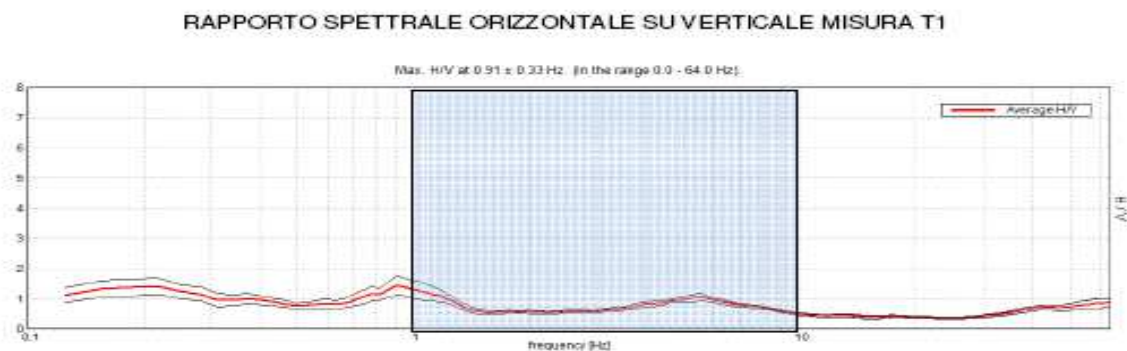
Tab. 3.2.V – *Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T*

| Categoria topografica | Ubicazione dell'opera o dell'intervento | S_T |
|-----------------------|---|-------|
| T1 | - | 1,0 |
| T2 | In corrispondenza della sommità del pendio | 1,2 |
| T3 | In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30° | 1,2 |
| T4 | In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30° | 1,4 |

5.5 Frequenza caratteristica di sito

La prova HVRS ha individuato, per l'area d'interesse la seguente frequenza di sito:

$$F_0 = 0.91 \pm 0.3 \text{ Hz};$$



Il grafico HVSR mostra un picco di frequenza F_0 pari a 0,9 Hz e un picco di frequenza minore pari a 5.5Hz, quest'ultimo all'interno del campo di frequenze d'interesse ingegneristico (1 – 10 Hz) con contrasto di impedenza da basso ad assente. Sono pertanto da escludere, in via preliminare fenomeni di amplificazione sismica per effetti di doppia risonanza.



Ubicazione prova HVSR



Strumento

5.6 Liquefazione

In riferimento alla situazione stratigrafica del sito, che metteva in evidenza la presenza di terreni a granulometria fine immersi in acqua, durante la realizzazione del sondaggio a carotaggio continuo a 1.90m e 6.50m dal p.c. (terreni immersi in acqua) si sono prelevati n°2 campioni Indisturbati sui quali si è poi realizzata un'analisi granulometrica per verificare se le granulometrie di detti campioni rientrassero nel "range" dei terreni liquefacibili.

Partendo dalla definizione macroscopica del materiale si ha:

-CI1 1.90 – 2.40m: Limo argilloso per la prima parte (1.90 - 2.05) che passa a sabbia con limo lievemente argilloso per la seconda parte (2.05 – 2.40);

-CI2 6.00 - 6.50m : Limo con sabbia argilloso.

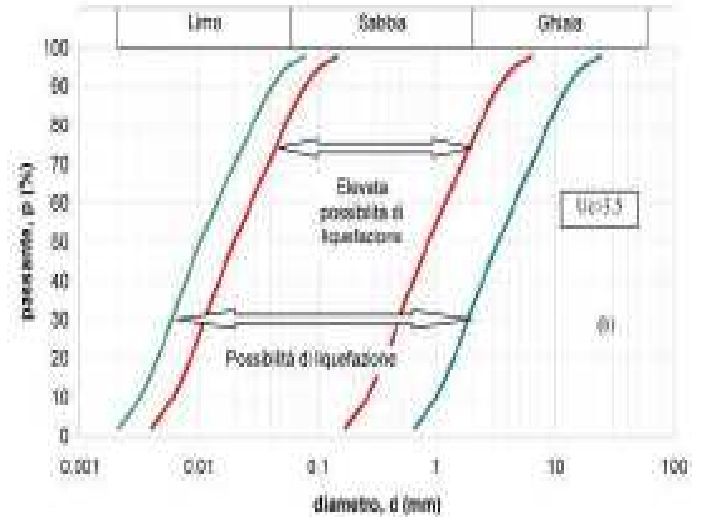
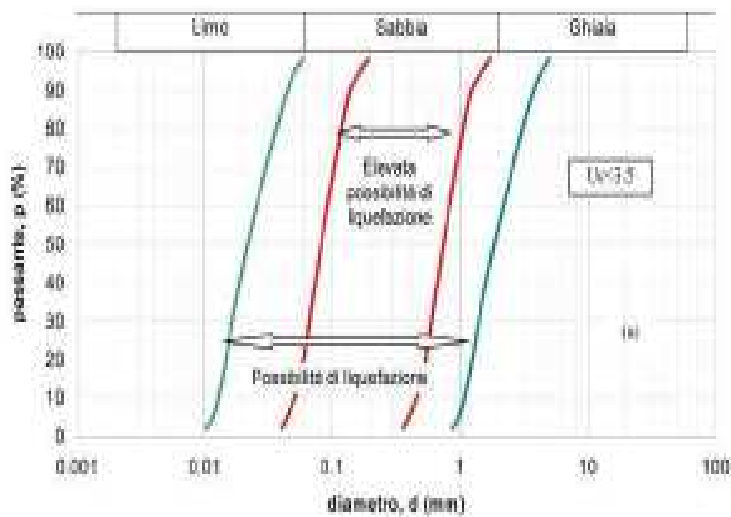
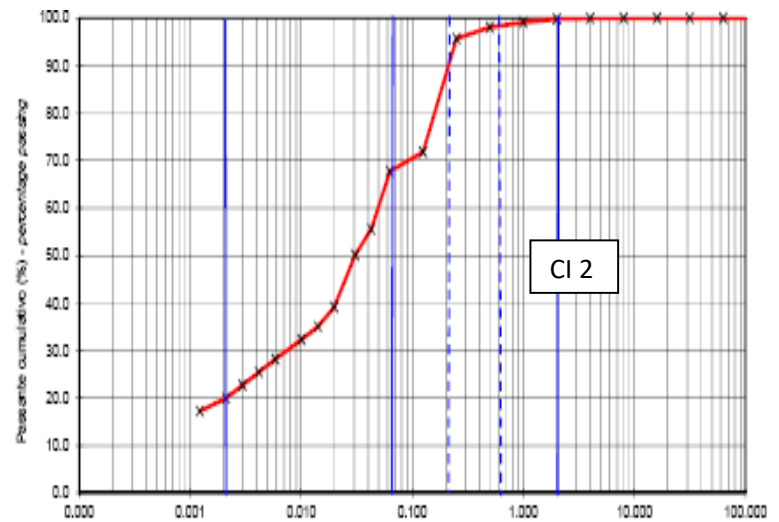
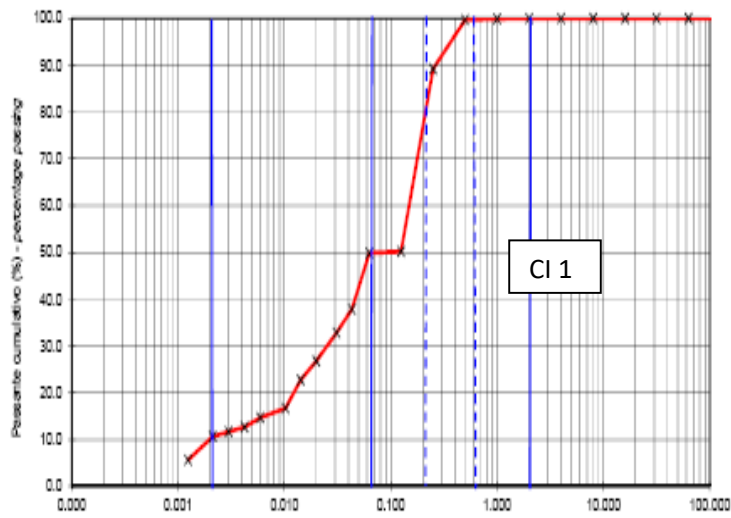


CI 1



CI 2

A seguire le curve granulometriche messe a confronto con quelle suscettibili a liquefazione



Le curve granulometriche dei due campioni (CI 1 , CI 2) non sono comprese nel “*range granulometrico*” dei terreni soggetti alla liquefazione. I due terreni, molto simili stratigraficamente, sono tendenzialmente a comportamento coesivo (limi e limi argillosi) e non sciolto (sabbie).

Il termine liquefazione definisce un fenomeno per il quale si ha una diminuzione di resistenza al taglio e/o rigidità causata dall'aumento della pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno.

La verifica deve essere effettuata quando la falda freatica si trova in prossimità della superficie ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine limo argillosa.

Secondo le NTC 2018, l'analisi sulla verifica e sul potenziale di liquefazione può essere omessa quando si manifestano almeno una delle seguenti condizioni:

- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti minori di 0.1g;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15m dal p.c., per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata (N_{60}) $60 > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove (N_{60}) 60 è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nei grafici sopra riportati, ossia nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$, o nel caso di terreni con $U_c > 3.5$.

U_c è il rapporto D_{60}/D_{10} , dove D_{60} e D_{10} sono il diametro delle particelle corrispondenti rispettivamente al 60% e al 10% del passante sulla curva granulometrica cumulativa.

Nel nostro caso specifico, la verifica a liquefazione non è stata svolta in quanto i terreni sono prevalentemente argilloso limosi, pertanto, non rientrano all'interno del fuso caratteristico.

Per tale motivo le litologie indagate non rientrano tra quelle potenzialmente liquefacibili.

5.7 Sintesi dei parametri sismici

CATEGORIA TOPOGRAFICA T1 (NTC 2018)

CATEGORIA DEL SUOLO "C" ($V_{s,eq}$ 206 m/sec NTC 2018)

FREQUENZA CARATTERISTICA DI SITO 0.91 Hz

IL TERRENO NON E' LIQUEFACIBILE

Geologo
Falcioni Primo

ALLEGATI:

FOTO;

STRATIGRAFIA SONDAGGIO;

CPT;

MASW;

HVSR;

LABORATORIO.



SOGEO s.r.l.
INDAGNI GEOTECNICHE ED AMBIENTALI
Via S. Pietro n. 43 - 48022 S. Pietro di Lugo (RA)
Tel. 054522042 - Fax 054534443 - E-mail: sogeo@sogeo-srl.com

COMMITTENTE: Classedil s.r.l.
RIF. N° : 269-21

LOCALITA': Scuole "Stoppa" - Lugo (RA)
ALLEGATO A: C21-114-1

SONDAGGIO N: S.1
DATA: 29/12/2021



Cassa 2 da -5.0 a -10.0 m




Cassa 1 da 0.0 a -5.0 m


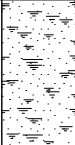
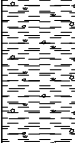



Posizionamento



Cassa 3 da -10.0 a -15.0 m

| | | | | |
|---|---------------------------|--|---------------------------------------|-------------------|
| <div><div>SOGEO[®] S.R.L. <small>INDAGINI GEOGNOSTICHE ED AMBIENTALI Via S. Potito n. 43 - 48022 S. Potito di LUGO (RA) Tel. 054522042 - Fax 054534443 - E-mail: sogeo@sogeo-srl.com Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore C Decr. n. 005754 del 05/07/2010</small></div></div> | | COMMITTENTE: Classedil s.r.l. | SOND.N°: S.1 | PROF.(m): 15.00 |
| | | CANTIERE: Scuole "Stoppa" - Via F.lli Cortesi, Lugo (RA) | QUOTA (m): p.d.c. | |
| | | PERFORATRICE: Ellettari EK200/STR | LATITUDINE (°): | |
| | | METODO PERFORAZ.: Carotaggio continuo | LONGITUDINE (°): | |
| RIVESTIMENTO: Ø 127 mm | | ATTREZZO PERFORAZ.: Carotiere semplice Ø 101 mm | DATA INIZ-FINE: 29/12/2021-29/12/2021 | |
| PIEZOMETRO: ----- | | | SCALA: 1:100 | |
| RIF.PREV.N°: 269-21 | CERTIFICATO N°: C21-114-1 | RAPPORTO N°: ----- | DATA DI EMISSIONE: 29/12/2021 | PAGINA N°: 1 di 1 |

| scala | P.P. I [daN/cm²] | Vane Test [daN/cm²] | Profondita' | Straigrafia | Descrizione | Campioni | Campioni Rim. | S.P.T. [n.colpi] P.C. | Falda | Pz.Norton |
|-------|------------------|---------------------|-------------|---|---|----------|---------------|-----------------------|-------|-----------|
| 1.00 | | | |  | Limo sabbioso di colore marrone, con laterizi e ghiaia fino a -0.30 m | | | | | |
| | | | 1.60 | | Limo di colore marrone chiaro | | | | | |
| 2.00 | 1.9 | 0.50 | 1.90 | | Campione indisturbato | 1.90 | | | | |
| | | | 2.40 | | | C.I.1 | | 2.40 | | |
| 3.00 | 1.5 | 0.30 | |  | Limo di colore marrone chiaro, sabbioso da -3.40 m | | | 2.40 | | |
| | 0.6 | | | | | | | 1/3/3 | | |
| 4.00 | | | 3.80 | | | | | 2.85 | | |
| 5.00 | 2.4 | 0.80 | |  | Limo argilloso di colore grigio-azzurro fino a .5.50 m, poi grigio-marrone chiaro, con molluschi in posizione vitale a -4.50 m e con calcinelli | | | | | |
| 6.00 | 2.7 | 0.70 | | | | | | | | |
| | 2.0 | 0.70 | | | | | | | | |
| 7.00 | | | 6.00 | | Campione indisturbato | 6.00 | | | | |
| | | | 6.50 | | Argilla limosa di colore grigio-marrone chiaro, con calcinelli | C.I.2 | | 6.50 | | |
| | | | 7.10 | | | | | 3/5/4 | | |
| 8.00 | | | |  | | | | 6.95 | | |
| 9.00 | 0.5 | | | | | | | | | |
| 10.00 | 2.2 | 0.50 | | | | | | | | |
| | 2.2 | 0.70 | | | Alternanza, con variabilità decimetrica, tra limi sabbiosi di colore marrone chiaro, limi debolmente argillosi di colore grigio-marrone chiaro e sabbie fini debolmente limose di colore marrone. Solo da -9.70 a -10.50 m e da -12.80 a -13.30 m sono presenti dei livelli di limi debolmente argillosi di colore grigio, con sostanza organica di colore nero | | | | | |
| 11.00 | | | | | | | | | | |
| 12.00 | | | | | | | | | | |
| 13.00 | 1.1 | 0.30 | | | | | | | | |
| | 0.6 | | | | | | | | | |
| 14.00 | | | | | | | | | | |
| 15.00 | 2.4 | 0.80 | 15.00 | | | | | 15.00 | | |
| | | | | | | | | 2/6/6 | | |
| | | | | | | | | 15.45 | | |

C.I. = campione indisturbato

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio

PROVA PENETROMETRICA STATICA

LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 1

2.010496-071

- committente : Studio ENSER
 - lavoro : Ascensore esterno
 - località : Ist. Stoppa, Lugo (RA)
 - note :

- data : 22/03/2011
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 1,80 m da quota inizio
 - pagina : 1

| prf | LP | LL | Rp | RL | Rp/RI | prf | LP | LL | Rp | RL | Rp/RI |
|-------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|
| m | Kg/cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | - | m | Kg/cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | - |
| 0,20 | ---- | ---- | -- | 1,60 | ---- | 7,80 | 13,0 | 19,0 | 13,0 | 0,33 | 39,0 |
| 0,40 | 60,0 | 84,0 | 60,0 | 3,47 | 17,0 | 8,00 | 20,0 | 25,0 | 20,0 | 0,73 | 27,0 |
| 0,60 | 19,0 | 71,0 | 19,0 | 0,53 | 36,0 | 8,20 | 18,0 | 29,0 | 18,0 | 0,53 | 34,0 |
| 0,80 | 7,0 | 15,0 | 7,0 | 0,93 | 7,0 | 8,40 | 19,0 | 27,0 | 19,0 | 0,67 | 28,0 |
| 1,00 | 24,0 | 38,0 | 24,0 | 1,20 | 20,0 | 8,60 | 16,0 | 26,0 | 16,0 | 0,60 | 27,0 |
| 1,20 | 7,0 | 25,0 | 7,0 | 0,33 | 21,0 | 8,80 | 19,0 | 28,0 | 19,0 | 0,87 | 22,0 |
| 1,40 | 3,0 | 8,0 | 3,0 | 0,20 | 15,0 | 9,00 | 23,0 | 36,0 | 23,0 | 0,80 | 29,0 |
| 1,60 | 9,0 | 12,0 | 9,0 | 0,47 | 19,0 | 9,20 | 20,0 | 32,0 | 20,0 | 0,67 | 30,0 |
| 1,80 | 12,0 | 19,0 | 12,0 | 0,47 | 26,0 | 9,40 | 28,0 | 38,0 | 28,0 | 1,13 | 25,0 |
| 2,00 | 9,0 | 16,0 | 9,0 | 0,40 | 22,0 | 9,60 | 23,0 | 40,0 | 23,0 | 0,93 | 25,0 |
| 2,20 | 15,0 | 21,0 | 15,0 | 0,67 | 22,0 | 9,80 | 23,0 | 37,0 | 23,0 | 0,40 | 57,0 |
| 2,40 | 16,0 | 26,0 | 16,0 | 0,60 | 27,0 | 10,00 | 36,0 | 42,0 | 36,0 | 1,07 | 34,0 |
| 2,60 | 11,0 | 20,0 | 11,0 | 0,73 | 15,0 | 10,20 | 29,0 | 45,0 | 29,0 | 1,13 | 26,0 |
| 2,80 | 10,0 | 21,0 | 10,0 | 0,47 | 21,0 | 10,40 | 23,0 | 40,0 | 23,0 | 0,47 | 49,0 |
| 3,00 | 11,0 | 18,0 | 11,0 | 0,40 | 27,0 | 10,60 | 28,0 | 35,0 | 28,0 | 0,60 | 47,0 |
| 3,20 | 10,0 | 16,0 | 10,0 | 0,40 | 25,0 | 10,80 | 22,0 | 31,0 | 22,0 | 0,80 | 27,0 |
| 3,40 | 11,0 | 17,0 | 11,0 | 0,33 | 33,0 | 11,00 | 20,0 | 32,0 | 20,0 | 0,87 | 23,0 |
| 3,60 | 17,0 | 22,0 | 17,0 | 0,47 | 36,0 | 11,20 | 24,0 | 37,0 | 24,0 | 0,87 | 28,0 |
| 3,80 | 10,0 | 17,0 | 10,0 | 0,40 | 25,0 | 11,40 | 28,0 | 41,0 | 28,0 | 0,87 | 32,0 |
| 4,00 | 15,0 | 21,0 | 15,0 | 0,67 | 22,0 | 11,60 | 24,0 | 37,0 | 24,0 | 1,27 | 19,0 |
| 4,20 | 14,0 | 24,0 | 14,0 | 0,67 | 21,0 | 11,80 | 49,0 | 68,0 | 49,0 | 1,47 | 33,0 |
| 4,40 | 17,0 | 27,0 | 17,0 | 0,73 | 23,0 | 12,00 | 36,0 | 58,0 | 36,0 | 1,20 | 30,0 |
| 4,60 | 19,0 | 30,0 | 19,0 | 0,73 | 26,0 | 12,20 | 37,0 | 55,0 | 37,0 | 1,40 | 26,0 |
| 4,80 | 17,0 | 28,0 | 17,0 | 0,60 | 28,0 | 12,40 | 34,0 | 55,0 | 34,0 | 1,13 | 30,0 |
| 5,00 | 16,0 | 25,0 | 16,0 | 0,60 | 27,0 | 12,60 | 30,0 | 47,0 | 30,0 | 1,47 | 20,0 |
| 5,20 | 12,0 | 21,0 | 12,0 | 0,60 | 20,0 | 12,80 | 31,0 | 53,0 | 31,0 | 1,47 | 21,0 |
| 5,40 | 14,0 | 23,0 | 14,0 | 0,67 | 21,0 | 13,00 | 36,0 | 58,0 | 36,0 | 1,47 | 25,0 |
| 5,60 | 23,0 | 33,0 | 23,0 | 0,67 | 34,0 | 13,20 | 39,0 | 61,0 | 39,0 | 1,53 | 25,0 |
| 5,80 | 22,0 | 32,0 | 22,0 | 0,73 | 30,0 | 13,40 | 56,0 | 79,0 | 56,0 | 2,40 | 23,0 |
| 6,00 | 26,0 | 37,0 | 26,0 | 0,93 | 28,0 | 13,60 | 30,0 | 66,0 | 30,0 | 1,53 | 20,0 |
| 6,20 | 19,0 | 33,0 | 19,0 | 0,67 | 28,0 | 13,80 | 63,0 | 86,0 | 63,0 | 2,20 | 29,0 |
| 6,40 | 12,0 | 22,0 | 12,0 | 0,40 | 30,0 | 14,00 | 27,0 | 60,0 | 27,0 | 1,53 | 18,0 |
| 6,60 | 18,0 | 24,0 | 18,0 | 0,60 | 30,0 | 14,20 | 19,0 | 42,0 | 19,0 | 0,93 | 20,0 |
| 6,80 | 21,0 | 30,0 | 21,0 | 0,33 | 63,0 | 14,40 | 19,0 | 33,0 | 19,0 | 0,67 | 28,0 |
| 7,00 | 20,0 | 25,0 | 20,0 | 0,80 | 25,0 | 14,60 | 19,0 | 29,0 | 19,0 | 0,87 | 22,0 |
| 7,20 | 27,0 | 39,0 | 27,0 | 0,93 | 29,0 | 14,80 | 22,0 | 35,0 | 22,0 | 1,47 | 15,0 |
| 7,40 | 14,0 | 28,0 | 14,0 | 0,73 | 19,0 | 15,00 | 28,0 | 50,0 | 28,0 | ----- | ---- |
| 7,60 | 14,0 | 25,0 | 14,0 | 0,40 | 35,0 | | | | | | |

- PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 20 t - (con anello allargatore) -
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
 - punta meccanica tipo Begemann $\phi = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
 - manicotto laterale (superficie 150 cm²)

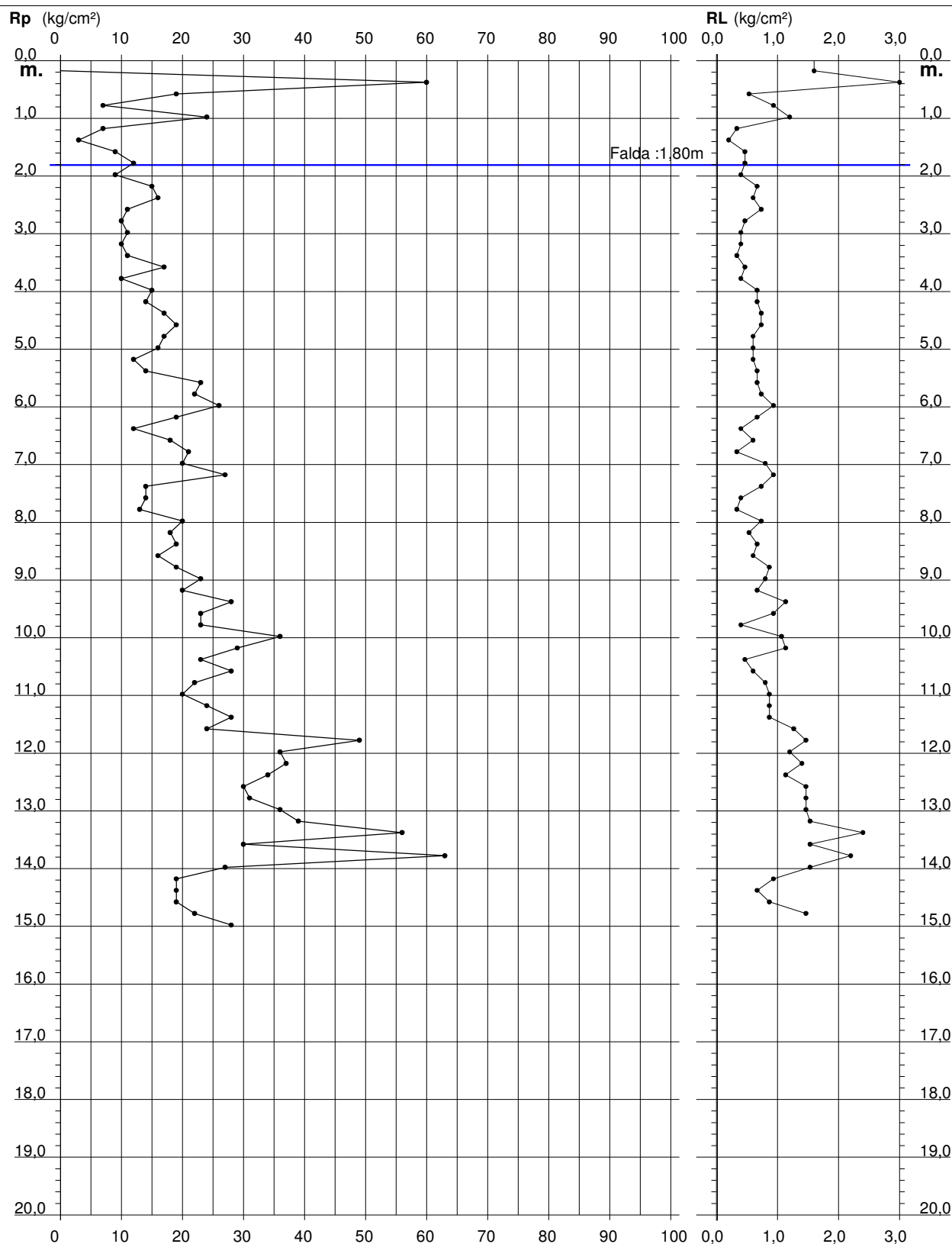
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.010496-071

- committente : Studio ENSER
- lavoro : Ascensore esterno
- località : Ist. Stoppa, Lugo (RA)

- data : 22/03/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,80 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



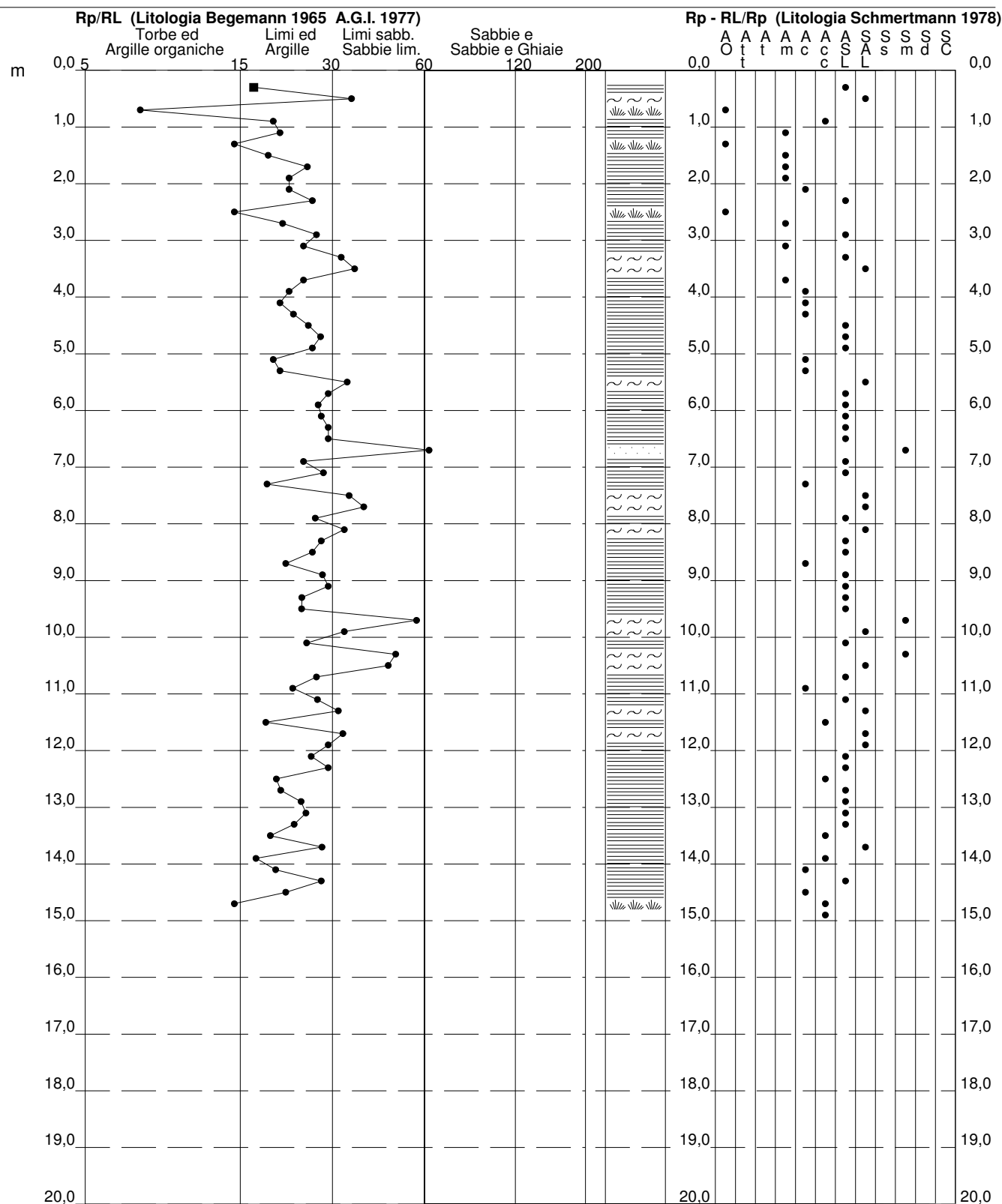
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 1

2.010496-071

- committente : Studio ENSER
- lavoro : Ascensore esterno
- località : Ist. Stoppa, Lugo (RA)
- note :

- data : 22/03/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,80 m da quota inizio
- scala vert. : 1 : 100



PROVA PENETROMETRICA STATICA
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 1

2.010496-071

- committente : Studio ENSER
- lavoro : Ascensore esterno
- località : Ist. Stoppa, Lugo (RA)
- note :

- data : 22/03/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,80 m da quota inizio
- pagina : 1

| NATURA COESIVA | | | | | | | | | | | | NATURA GRANULARE | | | | | | | | | | | |
|----------------|--------------|--------------|------------------|------------|----------------|--------------|------------|----------------|----------------|--------------|---------|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|---------------|----------------|----------------|--------------|--|--|
| Prof. m | Rp kg/cm² | Rp/Rl (-) | Natura Litol. | Y' t/m³ | p'vo kg/cm² | Cu kg/cm² | OCR (-) | Eu50 kg/cm² | Eu25 kg/cm² | Mo kg/cm² | Dr % | ø1s (°) | ø2s (°) | ø3s (°) | ø4s (°) | ødm (°) | ømy (°) | Amax/g (-) | E'50 kg/cm² | E'25 kg/cm² | Mo kg/cm² | | |
| 0,20 | -- | -- | ??? | 1,85 | 0,04 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | | |
| 0,40 | 60 | 17 | 4/./ | 1,85 | 0,07 | 2,00 | 99,9 | 340 | 510 | 180 | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 45 | 32 | 0,258 | 100 | 150 | 180 | | |
| 0,60 | 19 | 36 | 4/./ | 1,85 | 0,11 | 0,78 | 71,3 | 132 | 198 | 58 | 69 | 38 | 39 | 41 | 43 | 39 | 27 | 0,155 | 32 | 48 | 57 | | |
| 0,80 | 7 | 7 | 1*** | 1,85 | 0,15 | 0,35 | 18,4 | 14 | 21 | 11 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | | |
| 1,00 | 24 | 20 | 4/./ | 1,85 | 0,19 | 0,89 | 44,7 | 151 | 227 | 72 | 64 | 37 | 39 | 41 | 43 | 38 | 28 | 0,142 | 40 | 60 | 72 | | |
| 1,20 | 7 | 21 | 2//// | 1,85 | 0,22 | 0,35 | 11,1 | 59 | 89 | 32 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | | |
| 1,40 | 3 | 15 | 1*** | 1,85 | 0,26 | 0,15 | 3,2 | 14 | 21 | 5 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | | |
| 1,60 | 9 | 19 | 2//// | 1,85 | 0,30 | 0,45 | 10,6 | 77 | 115 | 38 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | | |
| 1,80 | 12 | 26 | 2//// | 0,92 | 0,31 | 0,57 | 13,2 | 97 | 146 | 45 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | | |
| 2,00 | 9 | 22 | 2//// | 0,88 | 0,33 | 0,45 | 9,2 | 79 | 118 | 38 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | | |
| 2,20 | 15 | 22 | 2//// | 0,95 | 0,35 | 0,67 | 14,0 | 113 | 170 | 50 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | | |
| 2,40 | 16 | 27 | 2//// | 0,96 | 0,37 | 0,70 | 13,8 | 118 | 177 | 52 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | | |
| 2,60 | 11 | 15 | 2//// | 0,91 | 0,39 | 0,54 | 9,4 | 93 | 139 | 42 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | | |
| 2,80 | 10 | 21 | 2//// | 0,90 | 0,41 | 0,50 | 8,1 | 97 | 146 | 40 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | | |
| 3,00 | 11 | 27 | 2//// | 0,91 | 0,42 | 0,54 | 8,4 | 101 | 151 | 42 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | | |
| 3,20 | 10 | 25 | 2//// | 0,90 | 0,44 | 0,50 | 7,3 | 109 | 164 | 40 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | | |
| 3,40 | 11 | 33 | 4/./ | 0,87 | 0,46 | 0,54 | 7,6 | 112 | 168 | 42 | 15 | 30 | 33 | 36 | 39 | 29 | 26 | 0,029 | 18 | 28 | 33 | | |
| 3,60 | 17 | 36 | 4/./ | 0,91 | 0,48 | 0,72 | 10,5 | 123 | 184 | 54 | 29 | 32 | 35 | 37 | 40 | 31 | 27 | 0,056 | 28 | 43 | 51 | | |
| 3,80 | 10 | 25 | 2//// | 0,90 | 0,50 | 0,50 | 6,3 | 129 | 193 | 40 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | | |
| 4,00 | 15 | 22 | 2//// | 0,95 | 0,52 | 0,67 | 8,7 | 122 | 183 | 50 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | | |
| 4,20 | 14 | 21 | 2//// | 0,94 | 0,53 | 0,64 | 7,8 | 129 | 193 | 48 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | | |
| 4,40 | 17 | 23 | 2//// | 0,97 | 0,55 | 0,72 | 8,8 | 131 | 197 | 54 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | | |
| 4,60 | 19 | 26 | 2//// | 0,99 | 0,57 | 0,78 | 9,2 | 136 | 204 | 58 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | | |
| 4,80 | 17 | 28 | 2//// | 0,97 | 0,59 | 0,72 | 8,1 | 142 | 213 | 54 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | | |
| 5,00 | 16 | 27 | 2//// | 0,96 | 0,61 | 0,70 | 7,4 | 151 | 226 | 52 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | | |
| 5,20 | 12 | 20 | 2//// | 0,92 | 0,63 | 0,57 | 5,6 | 170 | 255 | 45 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | | |
| 5,40 | 14 | 21 | 2//// | 0,94 | 0,65 | 0,64 | 6,1 | 171 | 256 | 48 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | | |
| 5,60 | 23 | 34 | 3.... | 0,86 | 0,67 | -- | -- | -- | -- | -- | 31 | 32 | 35 | 38 | 41 | 31 | 28 | 0,061 | 38 | 58 | 69 | | |
| 5,80 | 22 | 30 | 4/./ | 0,93 | 0,68 | 0,85 | 8,2 | 164 | 245 | 66 | 29 | 32 | 35 | 37 | 40 | 31 | 28 | 0,056 | 37 | 55 | 66 | | |
| 6,00 | 26 | 28 | 4/./ | 0,95 | 0,70 | 0,93 | 8,9 | 167 | 250 | 78 | 34 | 33 | 35 | 38 | 41 | 31 | 28 | 0,067 | 43 | 65 | 78 | | |
| 6,20 | 19 | 28 | 2//// | 0,99 | 0,72 | 0,78 | 6,8 | 183 | 274 | 58 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | | |
| 6,40 | 12 | 30 | 4/./ | 0,88 | 0,74 | 0,57 | 4,5 | 207 | 310 | 45 | 6 | 29 | 32 | 35 | 39 | 27 | 26 | 0,015 | 20 | 30 | 36 | | |
| 6,60 | 18 | 30 | 4/./ | 0,91 | 0,76 | 0,75 | 6,2 | 199 | 299 | 56 | 20 | 31 | 34 | 36 | 40 | 29 | 27 | 0,038 | 30 | 45 | 54 | | |
| 6,80 | 21 | 63 | 3.... | 0,85 | 0,78 | -- | -- | -- | -- | -- | 25 | 31 | 34 | 37 | 40 | 30 | 27 | 0,047 | 35 | 53 | 63 | | |
| 7,00 | 20 | 25 | 4/./ | 0,93 | 0,79 | 0,80 | 6,3 | 207 | 310 | 60 | 22 | 31 | 34 | 37 | 40 | 29 | 27 | 0,042 | 33 | 50 | 60 | | |
| 7,20 | 27 | 29 | 4/./ | 0,95 | 0,81 | 0,95 | 7,6 | 198 | 298 | 81 | 32 | 32 | 35 | 38 | 41 | 31 | 28 | 0,062 | 45 | 68 | 81 | | |
| 7,40 | 14 | 19 | 2//// | 0,94 | 0,83 | 0,64 | 4,5 | 232 | 348 | 48 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | | |
| 7,60 | 14 | 35 | 4/./ | 0,89 | 0,85 | 0,64 | 4,4 | 237 | 356 | 48 | 8 | 29 | 32 | 35 | 39 | 27 | 26 | 0,018 | 23 | 35 | 42 | | |
| 7,80 | 13 | 39 | 4/./ | 0,88 | 0,87 | 0,60 | 4,0 | 242 | 363 | 47 | 5 | 29 | 32 | 35 | 38 | 26 | 26 | 0,013 | 22 | 33 | 39 | | |
| 8,00 | 20 | 27 | 4/./ | 0,93 | 0,89 | 0,80 | 5,5 | 240 | 360 | 60 | 20 | 31 | 34 | 36 | 40 | 29 | 27 | 0,037 | 33 | 50 | 60 | | |
| 8,20 | 18 | 34 | 4/./ | 0,91 | 0,90 | 0,75 | 5,0 | 250 | 375 | 56 | 16 | 30 | 33 | 36 | 39 | 28 | 27 | 0,030 | 30 | 45 | 54 | | |
| 8,40 | 19 | 28 | 2//// | 0,99 | 0,92 | 0,78 | 5,0 | 255 | 382 | 58 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | | |
| 8,60 | 16 | 27 | 2//// | 0,96 | 0,94 | 0,70 | 4,3 | 264 | 395 | 52 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | | |
| 8,80 | 19 | 22 | 2//// | 0,99 | 0,96 | 0,78 | 4,8 | 267 | 401 | 58 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | | |
| 9,00 | 23 | 29 | 4/./ | 0,94 | 0,98 | 0,87 | 5,4 | 268 | 401 | 69 | 22 | 31 | 34 | 37 | 40 | 29 | 28 | 0,042 | 38 | 58 | 69 | | |
| 9,20 | 20 | 30 | 4/./ | 0,93 | 1,00 | 0,80 | 4,7 | 278 | 417 | 60 | 17 | 30 | 33 | 36 | 39 | 28 | 27 | 0,032 | 33 | 50 | 60 | | |
| 9,40 | 28 | 25 | 4/./ | 0,96 | 1,02 | 0,97 | 5,9 | 272 | 408 | 84 | 28 | 32 | 35 | 37 | 40 | 30 | 28 | 0,053 | 47 | 70 | 84 | | |
| 9,60 | 23 | 25 | 4/./ | 0,94 | 1,04 | 0,87 | 5,0 | 286 | 430 | 69 | 21 | 31 | 34 | 37 | 40 | 29 | 28 | 0,039 | 38 | 58 | 69 | | |
| 9,80 | 23 | 57 | 3.... | 0,86 | 1,06 | -- | -- | -- | -- | -- | 20 | 31 | 34 | 37 | 40 | 28 | 28 | 0,038 | 38 | 58 | 69 | | |
| 10,00 | 36 | 34 | 3.... | 0,89 | 1,07 | -- | -- | -- | -- | -- | 35 | 33 | 35 | 38 | 41 | 31 | 30 | 0,069 | 60 | 90 | 108 | | |
| 10,20 | 29 | 26 | 4/./ | 0,96 | 1,09 | 0,98 | 5,5 | 296 | 444 | 87 | 27 | 32 | 35 | 37 | 40 | 30 | 29 | 0,052 | 48 | 73 | 87 | | |
| 10,40 | 23 | 49 | 3.... | 0,86 | 1,11 | -- | -- | -- | -- | -- | 19 | 31 | 34 | 36 | 40 | 28 | 28 | 0,036 | 38 | 58 | 69 | | |
| 10,60 | 28 | 47 | 3.... | 0,87 | 1,13 | -- | -- | -- | -- | -- | 25 | 32 | 34 | 37 | 40 | 29 | 28 | 0,048 | 47 | 70 | 84 | | |
| 10,80 | 22 | 27 | 4/./ | 0,93 | 1,15 | 0,85 | 4,3 | 320 | 480 | 66 | 17 | 30 | 33 | 36 | 39 | 28 | 28 | 0,032 | 37 | 55 | 66 | | |
| 11,00 | 20 | 23 | 4/./ | 0,93 | 1,16 | 0,80 | 3,9 | 326 | 489 | 60 | 13 | 30 | 33 | 36 | 39 | 27 | 27 | 0,025 | 33 | 50 | 60 | | |
| 11,20 | 24 | 28 | 4/./ | 0,94 | 1,18 | 0,89 | 4,4 | 330 | 495 | 72 | 19 | 31 | 34 | 36 | 40 | 28 | 28 | 0,036 | 40 | 60 | 72 | | |
| 11,40 | 28 | 32 | 3.... | 0,87 | 1,20 | -- | -- | -- | -- | -- | 24 | 31 | 34 | 37 | 40 | 29 | 28 | 0,045 | 47 | 70 | 84 | | |
| 11,60 | 24 | 19 | 4/./ | 0,94 | 1,22 | 0,89 | 4,2 | 341 | 511 | 72 | 18 | 31 | 33 | 36 | 39 | 28 | 28 | 0,035 | 40 | 60 | 72 | | |
| 11,80 | 49 | 33 | 3.... | 0,92 | 1,24 | -- | -- | -- | -- | -- | 42 | 34 | 36 | 39 | 41 | 32 | 31 | 0,085 | 82 | 123 | 147 | | |
| 12,00 | 36 | 30 | 4/./ | 0,99 | 1,26 | 1,20 | 5,9 | 334 | 501 | 108 | 31 | 32 | 35 | 38 | 41 | 30 | 30 | 0,060 | 60 | 90 | 108 | | |
| 12,20 | 37 | 26 | 4/./ | 0,99 | 1,28 | 1,23 | 6,0 | 338 | 507 | 111 | 32 | 32 | 35 | 38 | 41 | 30 | 30 | 0,062 | 62 | 93 | 111 | | |
| 12,40 | 34 | 30 | 4/./ | 0,98 | 1,30 | 1,13 | 5,3 | 354 | 531 | 102 | 29 | 32 | 35 | 37 | 40 | 30 | 29 | 0,055 | 57 | 85 | 102 | | |
| 12,60 | 30 | 20 | 4/./ | 0,96 | 1,32 | 1,00 | 4,5 | 367 | 551 | 90 | 24 | 31 | 34 | 37 | 40 | 29 | 29 | 0,045 | 50 | 75 | 90 | | |
| 12,80 | 31 | 21 | 4/./ | 0,97 | 1,34 | 1,03 | 4,6 | 372 | 558 | 93 | 25 | 31 | 34 | 37 | 40 | 29 | 29 | 0,047 | 52 | 78 | 93 | | |
| 13,00 | 36 | 25 | 4/./ | 0,99 | 1,35 | 1,20 | 5,4 | 369 | 553 | 108 | 29 | 32 | 35 | 37 | 40 | 30 | 30 | 0,057 | 60 | 90 | 108 | | |
| 13,20 | 39 | 25 | 4/./ | 1,00 | 1,37 | 1,30 | 5,9 | 367 | 550 | 117 | 32 | 32 | 35 | 38 | 41 | 30 | 30 | 0,062 | 65 | 98 | 117 | | |
| 13,40 | 56 | 23 | 4/./ | 1,01 | 1,40 | 1,87 | 9,0 | 331 | 496 | 168 | 44 | 34 | 37 | 39 | 42 | | | | | | | | |



CLASSEDIL S.r.l.

Prove e controlli sui materiali da costruzione,
su strutture e costruzioni esistenti, storiche e monumentali

Laboratorio con SGQ certificata ISO 9001 – Concessione n. 19054



RAPPORTO DI PROVA

RdP2021056-B_Rev.1 del 16/09/2021



| | |
|--------------------------------------|--|
| Oggetto della prova: | Polo tecnico professionale "E. Stoppa" |
| Committente: | INSIGHT&CO S.R.L. via Tiburtina Valeria 149/1 Pescara |
| Località del cantiere: | Via Fratelli Cortesi, 48022 Lugo RA |
| Responsabile Tecnico di Prova | Dott. Ing. Davide Basile Tecnico certificato UNI EN ISO 9712 e UNI/PdR 56:2019 III livello per metodi SC, UT, MG MO, MPT, TT, PC, ES, IM, CH. II livello per metodi DN, PT e VT indus. |



CLASSEDIL S.r.l.

Prove e controlli sui materiali da costruzione,
su strutture e costruzioni esistenti, storiche e monumentali

Laboratorio con SGQ certificata ISO 9001 – Concessione n. 19054



UNI EN ISO
9001:20015

| | | |
|---|--------------------------------------|---|
| 1 | GENERALITÀ | 2 |
| 2 | INDICAZIONE DELLE ZONE DI PROVA..... | 4 |
| 3 | RISULTATI DELLE INDAGINI | 5 |



1 Generalità

In data 9 Settembre 2021 è stata eseguita una prospezione geofisica consistente in una prova di sismica attiva (SASW/MASW) nel cortile interno del Polo Tecnico Professionale – Sezione Professionale E. Stoppa in Comune di Lugo (RA); la prospezione è stata effettuata con uno stendimento di lunghezza pari a 36 m e passo intergeofonico pari a 2 m.

Per tale prospezione è stato utilizzato un tromografo “Tromino Engineering” prodotto dalla ditta Micromed/MoHo Srl, avente codice seriale TEN-0010/01-07; trattasi di un sismografo di dimensioni molto contenute che contiene tre sensori elettrodinamici ortogonali (velocimetri), un ampio range frequenziale (0,1 – 256 Hz) e il sistema GPS integrato.

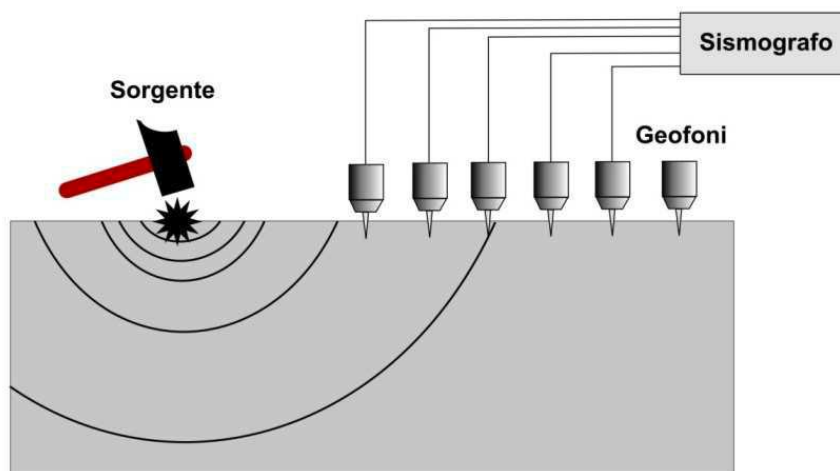


Tromografo digitale “Tromino”

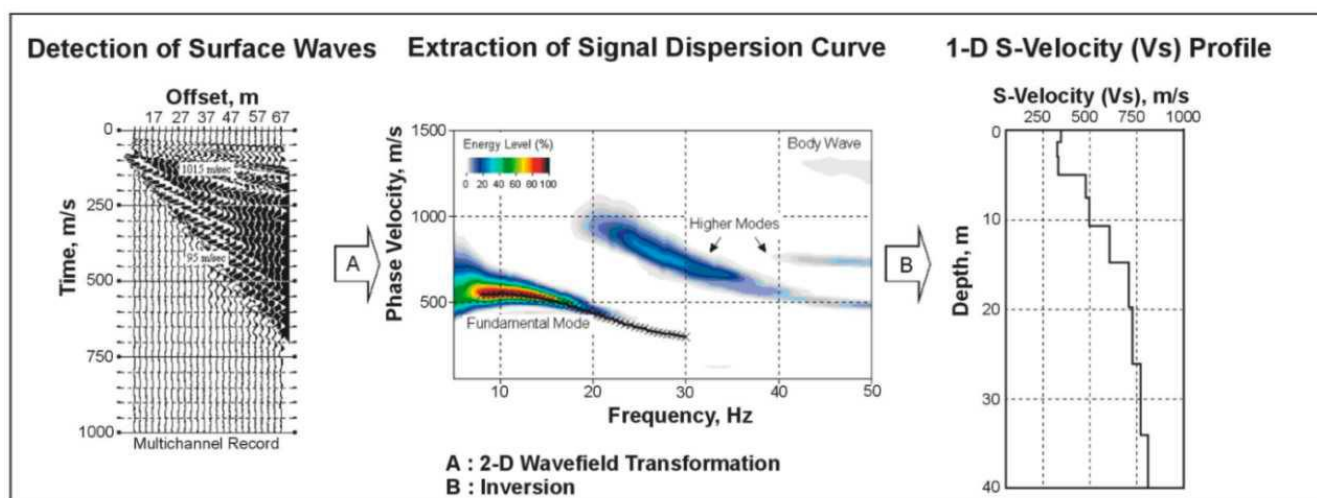
Le prove SASW/MASW sono utili per ricavare il parametro V_{s30} , richiesto dalla nuova normativa sismica. Questo tipo di indagine mira a ricostruire la curva di dispersione della velocità di fase delle onde di superficie generate in sede di energizzazione. Tramite le prove MASW vengono misurate le velocità sismiche delle onde superficiali a diverse frequenze. La variazione di velocità a diverse frequenze (dispersione) è imputabile prevalentemente alla stratificazione delle velocità delle onde S i cui valori sono ricavabili da una procedura di inversione numerica.

La procedura MASW prevede tre stadi distinti:

1. acquisizione dei dati di campagna: registrazione di linea sismica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves, analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999) di lunghezza e distanza intergeofonica variabile utile a definire il profilo verticale della VS (velocità di propagazione delle onde di taglio)



2. estrazione della curva di dispersione;
3. inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs (profilo 1-D) che descrive la variazione di Vs con la profondità





CLASSEDIL S.r.l.

Prove e controlli sui materiali da costruzione,
su strutture e costruzioni esistenti, storiche e monumentali

Laboratorio con SGQ certificata ISO 9001 – Concessione n. 19054



2 Indicazione delle zone di prova



Ubicazione prospezione SASW/MASW



Esecuzione di prospezione SASW/MASW



3 Risultati delle indagini

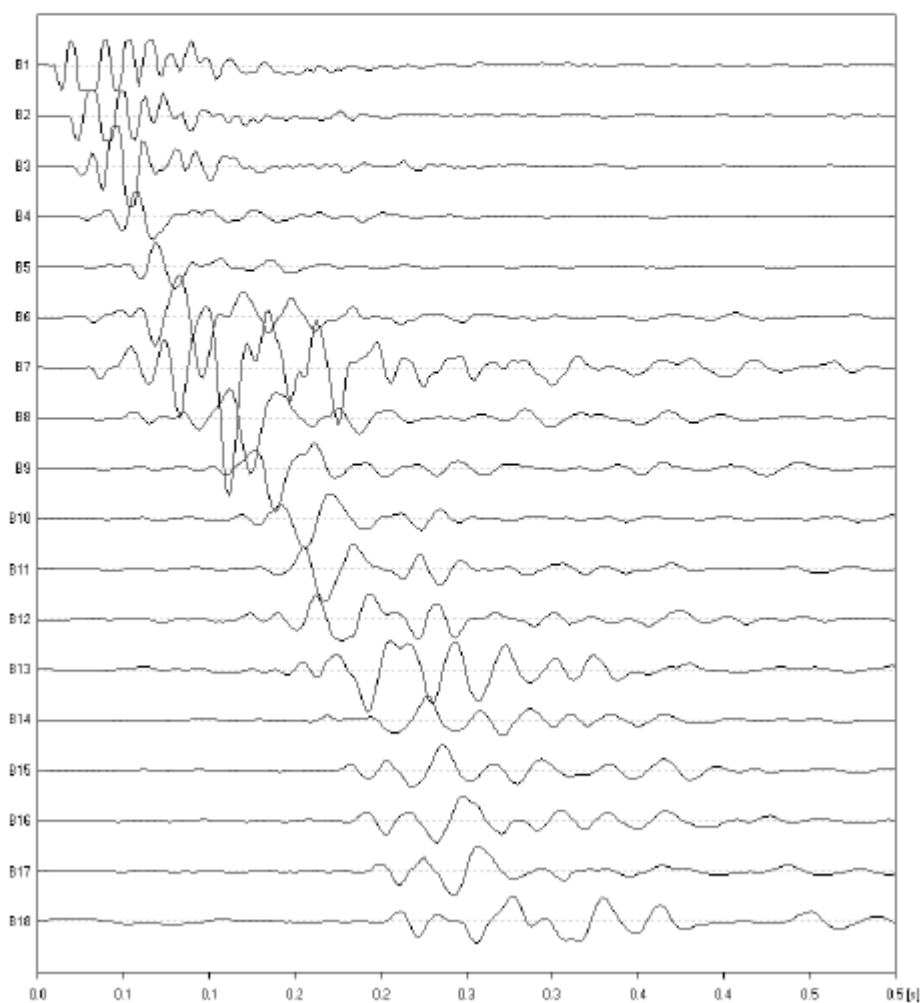
LUGO (RA) – POLO TECNICO PROFESSIONALE – SEZ. PROFESSIONALE E. STOPPA MISURA DI SISMICA ATTIVA – SASW CON ELABORAZIONE MASW

Inizio registrazione: 09/09/21 11:11:13 Fine registrazione: 09/09/21 11:31:51

Durata registrazione: 0h00'02". Freq. campionamento: 512 Hz

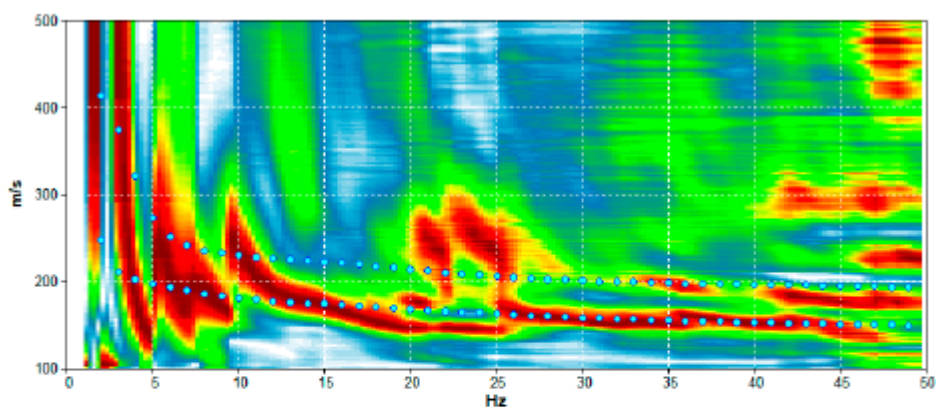
Nomi canali: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6 ; B7 ; B8 ;
B9 ; B10 ; B11 ; B12 ; B13 ; B14 ; B15 ; B16 ; B17 ;
B18

Array geometry 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0 36.0



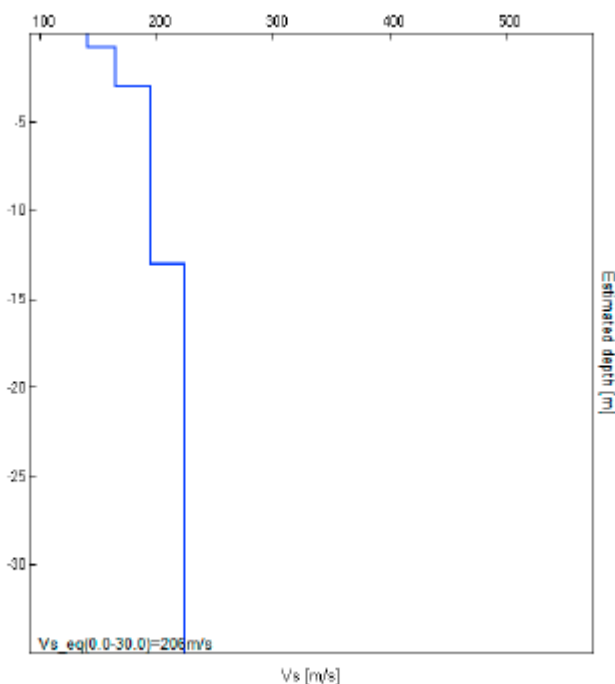


MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



| Depth at the bottom of the layer [m] | Thickness [m] | Vs [m/s] | Poisson ratio |
|--------------------------------------|---------------|----------|---------------|
| 0.80 | 0.80 | 141 | 0.42 |
| 3.00 | 2.20 | 165 | 0.42 |
| 13.00 | 10.00 | 195 | 0.42 |
| 43.00 | 30.00 | 225 | 0.42 |
| 63.00 | 20.00 | 240 | 0.42 |
| 113.00 | 50.00 | 490 | 0.42 |
| inf. | inf. | 525 | 0.42 |

$V_{s_eq}(0.0-30.0)=206\text{m/s}$





Nelle NTC-2018 per valutare l'effetto della risposta sismica locale si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento così come riportato nella tabella seguente.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica |
|-----------|--|
| A | Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m. |
| B | Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s. |
| C | Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s. |
| D | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s. |
| E | Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m. |

Estratto dalle NTC 2018 (tabella 3.2.II) – Categorie di sottosuolo

Relativamente alla valutazione della Risposta Sismica Locale del sito con procedura semplificata (NTC-2018), che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento il valore di V_{s_eq} (nell'intervallo che definisce la CATEGORIA DI SOTTOSUOLO "C").

Parma, 16 settembre 2021

Il geologo

Dott. Geol. Alberto Trivioli



REGIONE EMILIA-ROMAGNA

PROVINCIA DI RAVENNA

COMUNE DI LUGO

POLO TECNICO PROFESSIONALE
SEZIONE PROFESSIONALE E. STOPPA

PROSPEZIONE DI SISMICA PASSIVA
HVSR

MARZO 2022

COMMITTENTE:

CLASSEDIL SRL

Via Romea Sud 264/B

48124 Ravenna (RA)

C.F.e P.IVA 02568840397



Dott. Geol. Alberto Trivioli

AMBIENTE E TERRITORIO SRL

Sede legale:

Via Sicuri, 60/a – 43124 Parma
Tel. 0521/232421 - Fax 0521/230760

E-mail:

ambienteeterritorio@gmail.com
ambienteeterritoriosrl@pec.it
C.F.e P.I. 02377880345



Ambiente e Territorio Srl
Ambiente e Territorio Srl

1 - GENERALITA'

In data 18-03-2022, per conto della CLASSEDIL Srl, è stata eseguita una prospezione geofisica, consistente in una prova di sismica passiva (HVSR), nel punto indicato dalla committenza, nel cortile interno del Polo Tecnico Professionale – Sezione Professionale E. Stoppa in Comune di Lugo (RA); trattasi di misure di rumore sismico ambientale (Microtremori), per la determinazione della frequenza fondamentale dei terreni.

Per tale prospezione è stato utilizzato un tromografo “Tromino Engineering” prodotto dalla ditta Micromed/MoHo Srl, avente codice seriale TEN-0010/01-07; trattasi di un sismografo di dimensioni molto contenute che contiene tre sensori elettrodinamici ortogonali (velocimetri), un ampio range frequenziale (0,1 – 256 Hz) e il sistema GPS integrato.



Tromografo digitale “Tromino”

La sismica passiva si basa sulla misura dei microtremori che sono sempre presenti sulla superficie terrestre e sono generati da fenomeni naturali (vento, onde marine) e artificiali (attività antropiche).

Lo strumento utilizzato per tali misurazioni è il tromografo “Tromino”, si tratta di un sismografo di dimensioni molto contenute che contiene tre sensori elettrodinamici ortogonali (velocimetri), un ampio range frequenziale (0,1 – 256 Hz) e il sistema GPS integrato.

Il metodo di indagine utilizzato è quello a stazione singola dei rapporti spettrali (HVSR).

Il metodo HVSR consiste nello studio del rapporto spettrale tra la componente orizzontale del rumore e quella verticale (H/V spectrum). Il valore di tale rapporto è direttamente correlato con la frequenza di risonanza determinata dal passaggio tra due strati con una differenza significativa del contrasto di impedenza (velocità delle onde e densità del materiale). Considerando due strati con differente impedenza acustica, la frequenza di risonanza è legata allo spessore e alla velocità delle onde di taglio Vs del primo strato dalla seguente relazione:

$$f_r = V_{s1} / 4 h$$

V_{s1} = velocità delle onde S del primo strato

h = spessore primo strato

L' HVSR è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali di risonanza dei sottosuoli.

2 - PROSPEZIONE SISMICA PASSIVA HVSR

LUGO (RA) - SCUOLA STOPPA

Instrument: TEN-0010/01-07 Data format: 16 byte Full scale [mV]: 51

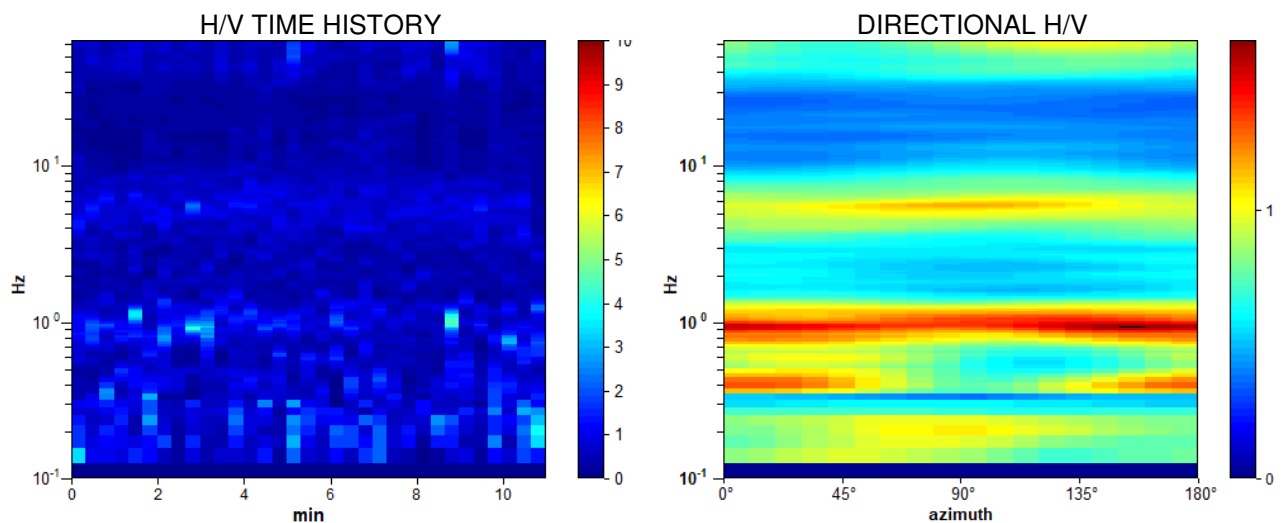
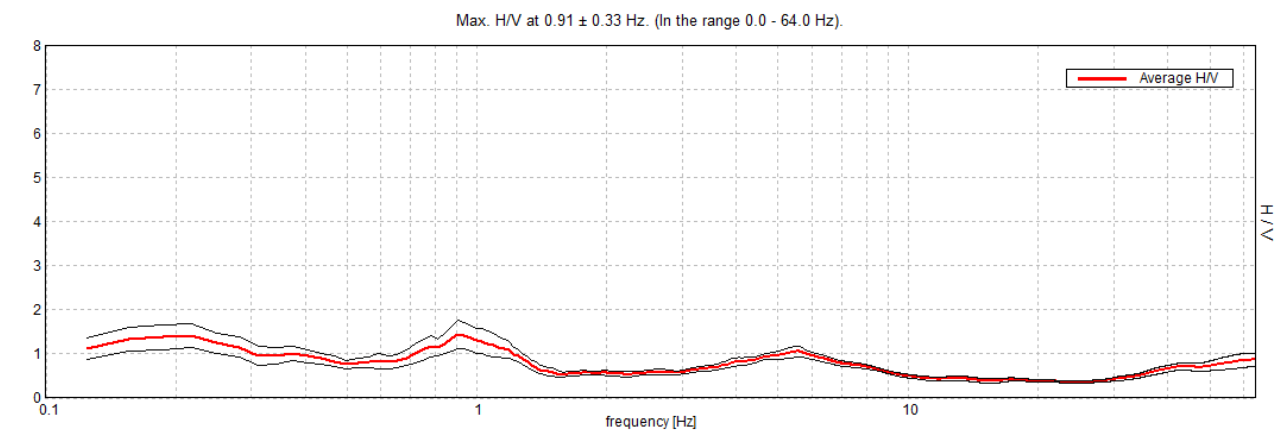
Start recording: 18/03/22 13:39:21 End recording: 18/03/22 13:50:23

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; TRIG+ TRIG-

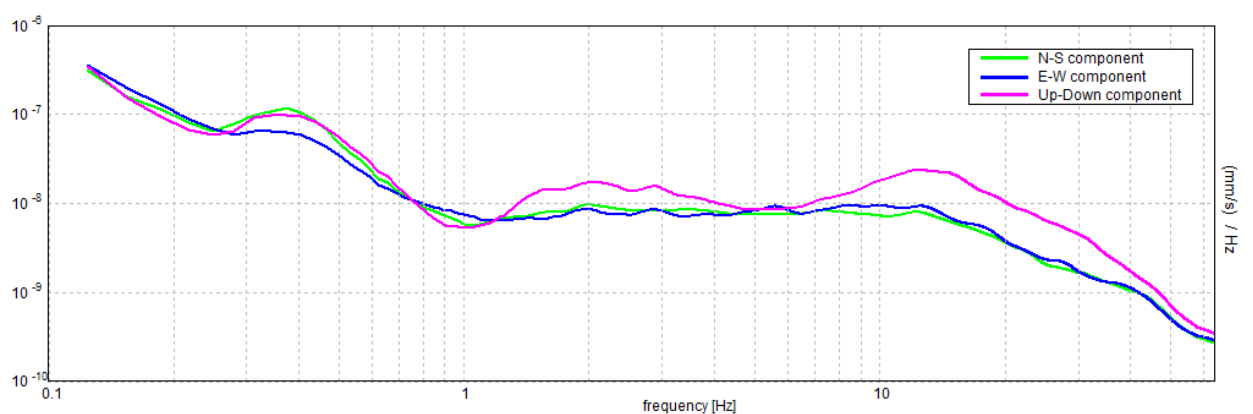
Trace length: 0h11'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling rate: 128 Hz Window size: 20 s Smoothing type: Triangular window Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines.]

Max. H/V at 0.91 ± 0.33 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

| | | | |
|--|----------------------------|----|--|
| $f_0 > 10 / L_w$ | 0.91 > 0.50 | OK | |
| $n_c(f_0) > 200$ | 598.1 > 200 | OK | |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 44 times | OK | |

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

| | | | |
|---|---------------------|----|----|
| Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ | | | NO |
| Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ | 1.375 Hz | OK | |
| $A_0 > 2$ | 1.44 > 2 | | NO |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.36925 < 0.05$ | | NO |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | $0.33463 < 0.13594$ | | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | $0.3219 < 2.0$ | OK | |

| | |
|------------------------|---|
| L_w | window length |
| n_w | number of windows used in the analysis |
| $n_c = L_w n_w f_0$ | number of significant cycles |
| f | current frequency |
| f_0 | H/V peak frequency |
| σ_f | standard deviation of H/V peak frequency |
| $\varepsilon(f_0)$ | threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ |
| A_0 | H/V peak amplitude at frequency f_0 |
| $A_{H/V}(f)$ | H/V curve amplitude at frequency f |
| f^- | frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ |
| f^+ | frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ |
| $\sigma_A(f)$ | standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve |
| $\theta(f_0)$ | threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ |

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

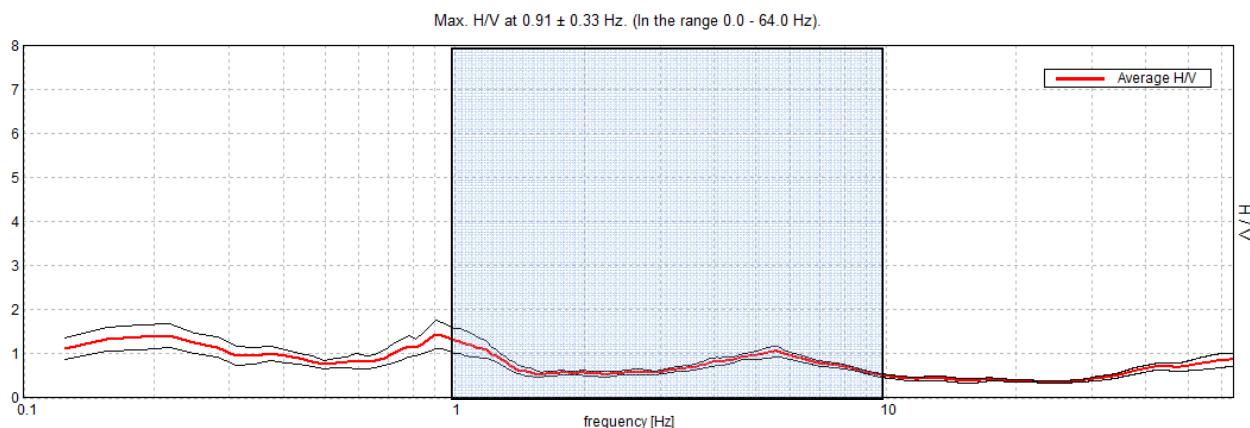
| Freq. range [Hz] | < 0.2 | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0 | 1.0 – 2.0 | > 2.0 |
|---|------------|-----------|------------|------------|------------|
| $\varepsilon(f_0)$ [Hz] | $0.25 f_0$ | $0.2 f_0$ | $0.15 f_0$ | $0.10 f_0$ | $0.05 f_0$ |
| $\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$ | 3.0 | 2.5 | 2.0 | 1.78 | 1.58 |
| $\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$ | 0.48 | 0.40 | 0.30 | 0.25 | 0.20 |

3 - FREQUENZA FONDAMENTALE DEI TERRENI

L'indagine sismica effettuata consente la valutazione della frequenza fondamentale dei terreni indagati. Tale valutazione risulta di notevole importanza se si considera che in caso di eventi sismici la struttura subisce danni notevolmente maggiori se essa presenta dei modi di vibrare con frequenze prossime a quelle dei terreni.

Nakamura (1989) ha dimostrato che i massimi dei rapporti spettrali H/V consentono di individuare correttamente la frequenza e quindi il periodo fondamentale di risonanza per le onde S.

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE MISURA T1



| | | | |
|--|--|--|---|
| <i>Ampiezza picco HSVR ≥ 3</i> | <i>Ampiezza picco $2 \leq \text{HSVR} < 3$</i> | <i>Ampiezza picco $1,5 \leq \text{HSVR} < 2$</i> | <i>Ampiezza picco $\text{HSVR} \leq 1,5$</i> |
| <i>contrasto impedenza elevato</i> | <i>contrasto impedenza moderato</i> | <i>contrasto impedenza basso</i> | <i>assenza contrasti di impedenza</i> |

Il grafico HVSR mostra un picco massimo di frequenza pari a 0,9 Hz e un picco di frequenza minore pari 5,5 Hz, quest'ultimo all'interno del campo di frequenze di interesse ingegneristico (1÷10 Hz) con contrasto d'impedenza da basso a assente; sono pertanto da escludere, in via preliminare, fenomeni d'amplificazione sismica per effetti di doppia risonanza (frequenza naturale edificio = frequenza naturale terreni di fondazione).

Architectural floor plan of the first floor of the 'Palazzo del Lavoro' in Turin. The plan shows a large central hall (AULA MAGNA) with a stage area, surrounded by various rooms including offices (UFFICIO), meeting rooms (CONFERENZA), and storage areas (MAGAZZINO). A large staircase (SCALA D) is located on the right side. The plan also indicates the location of the HVSR (High Voltage Safety Room) and the position of the HVSR (High Voltage Safety Room).



UBICAZIONE PROSPEZIONE HVSR



ESECUZIONE DI PROSPEZIONE HVSR

Parma, marzo 2022

il geologo

Dott. Geol. Alberto Trivioli





000

5

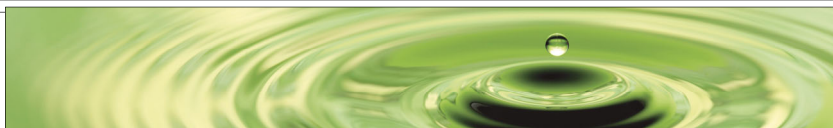
2111
CLASEDIL SRL
LUGO (RA)
SCUOLA STOPPA VIA FRAT. CORTESI

Samples identification and performed tests

Note - Remarks:

These results are for the exclusive use of the client for whom they were obtained. They apply only to the tested samples and are not

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre





GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE

SAMPLE DESCRIPTION

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 14688-1/2 - Racc. AGI

Technical specification

Certificato - *Test report*

Verbale - *Acceptance report*

Committente - *Commissioner*

Località - *Locality*

Cantiere - *Site*

Sondaggio - *Borehole*

Campione - *Sample*

Profondità - *Depth*

Data ricevimento - *Receiving date*

Data inizio prove - *Test starting date*

Data fine prove - *Test ending date*

Data certificazione - *Report date*

Data apertura campione - *Sample opening date*

Classe campione - *Sample quality*

2111- 22.012- 001

2111

CLASSEDIL SRL

LUGO (RA)

SCUOLA STOPPA- VIA FRAT. CORTESI

S1

C11

1.90- 2.40 m

29/12/2021

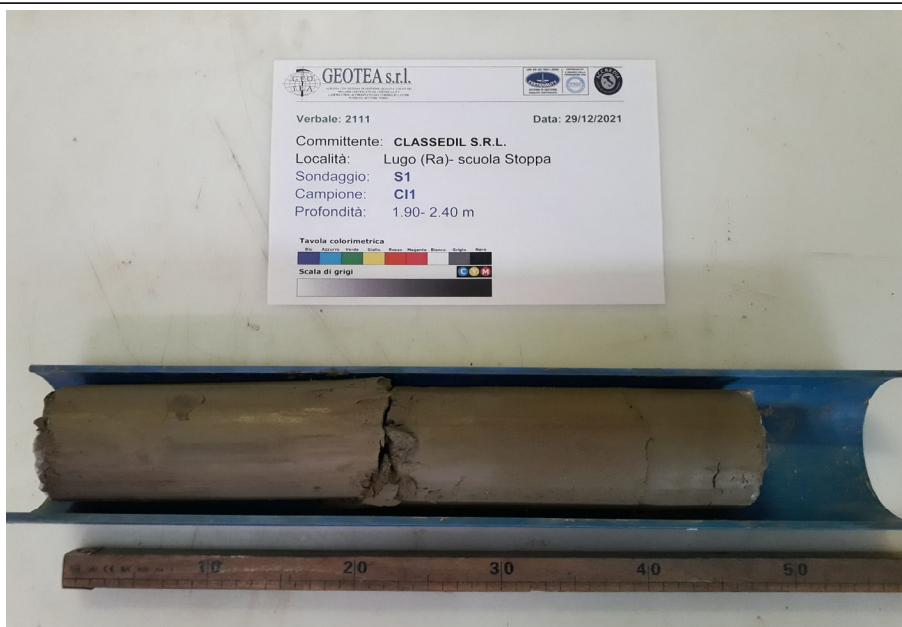
03/01/2022

06/01/2022

11/01/2022

03/01/2022

Q4



Pocket Penetrometer Test (kg/cm²) 1.5- 0- 0- 0

Vane Test (kg/cm²) 0.8- 0- 0- 0


Campione non omogeneo costituito da 1.90- a 2.05 m da limo argilloso, da 2.05- a 2.40 m da sabbia con limo debolmente argilloso. Colore 5/3 10yr Brown.

Note - *Remarks*

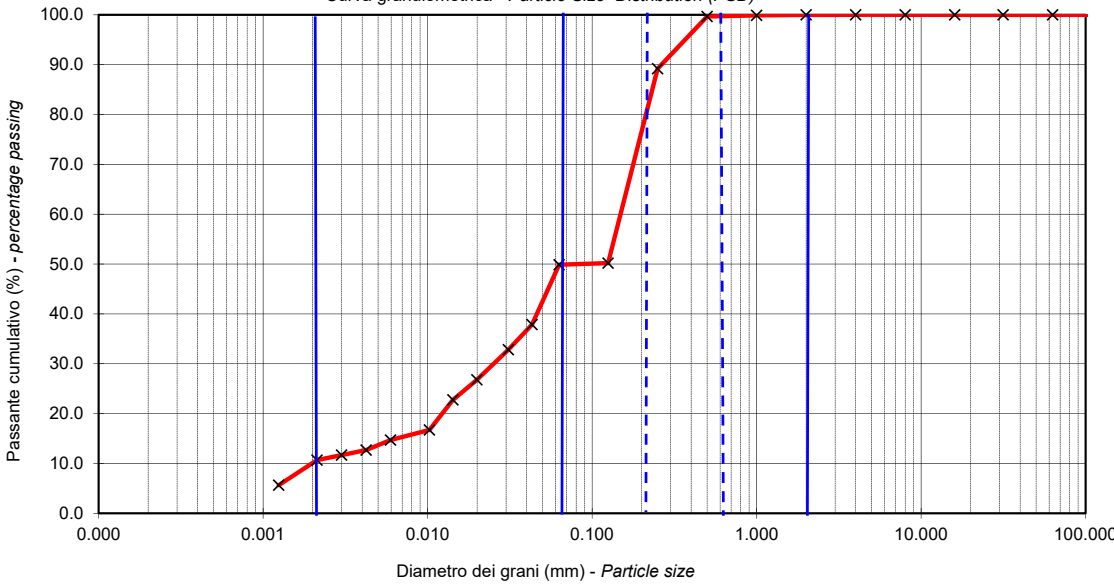
Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 5/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

|  GEOTEA s.r.l. <small>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY</small> | | | ANALISI GRANULOMETRICA PARTICLE SIZE ANALYSIS Normativa di rif: UNI CEN ISO/TS 17892-4 CNR UNI A. V n° 23 Technical specification | | | | | |
|--|------------------------------------|---|---|------------------------|---|--------------|-----------------------------------|-------------|
| Certificato - <i>Test report</i> Verbale - <i>Acceptance report</i> Committente - <i>Commissioner</i> Località - <i>Locality</i> Cantiere - <i>Site</i> Sondaggio - <i>Borehole</i> Campione - <i>Sample</i> Profondità - <i>Depth</i> Data ricevimento - <i>Receiving date</i> Data inizio prove - <i>Test starting date</i> Data fine prove - <i>Test ending date</i> Data certificazione - <i>Report date</i> Data apertura campione - <i>Sample opening date</i> | | | 2111- 22.012- 002 2111 CLASSEDIL SRL LUGO (RA) SCUOLA STOPPA- VIA FRAT. CORTESI S1 C11 1.90- 2.40 m 29/12/2021 03/01/2022 06/01/2022 11/01/2022 03/01/2022 | | | | | |
| SETACCIATURA - SIEVES TEST Massa campione (g) - <i>Specimen weight</i> 742.12 | | | SEDIMENTAZIONE - HYDROMETER TEST Massa campione (g) - <i>Specimen weight</i> 40.27 | | | | | |
| Setaccio (mm) <i>Sieve diameter</i> | Peso (g) <i>Mass retained</i> | Passante (%) <i>Percentage passing</i> | Diametro (mm) <i>Particle size</i> | Lettura <i>Data</i> | Passante (%) <i>Percentage passing</i> | | | |
| 125 | 0.00 | 100.00 | 0.043 | 22.5 | 37.86 | | | |
| 63 | 0.00 | 100.00 | 0.031 | 20.0 | 32.82 | | | |
| 31.5 | 0.00 | 100.00 | 0.020 | 17.0 | 26.78 | | | |
| 16 | 0.00 | 100.00 | 0.014 | 15.0 | 22.76 | | | |
| 8 | 0.00 | 100.00 | 0.010 | 12.0 | 16.71 | | | |
| 4 | 0.00 | 100.00 | 0.006 | 11.0 | 14.70 | | | |
| 2 | 0.00 | 100.00 | 0.004 | 10.0 | 12.69 | | | |
| 1 | 0.81 | 99.89 | 0.0030 | 9.5 | 11.68 | | | |
| 0.5 | 1.74 | 99.66 | 0.0021 | 9.0 | 10.67 | | | |
| 0.25 | 77.67 | 89.19 | 0.0012 | 6.5 | 5.64 | | | |
| 0.125 | 289.45 | 50.19 | | | | | | |
| 0.063 | 2.38 | 49.87 | | | | | | |
| Granulometria A.G.I. <i>PSD</i> | Ghiaia (%) <i>Gravel</i> | 0.11 | Sabbia (%) <i>Sand</i> | 51.84 | Limo (%) <i>Silt</i> | 38.10 | Argilla (%) <i>Clay</i> | 9.95 |

Curva granulometrica - *Particle Size Distribution (PSD)*

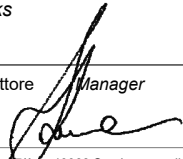
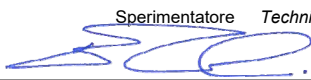


Passante cumulativo (%) - *percentage passing*


Diametro dei grani (mm) - *Particle size*

| | | | |
|---|-------|--|-------|
| D₁₀ (mm) | 0.002 | D₆₀ (mm) | 0.156 |
| Agente disperdente - <i>dispersing agent</i> : Sodium hexametaphosphate | | temperatura di prova (°) - <i>temperature</i> 21 | |

Note - *Remarks*

| | |
|---|--|
| Direttore <i>Manager</i>  | Sperimentatore <i>Technician</i>  |
|---|--|

Via della Tecnica 5/A - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
 Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
 e-mail laboratorio.geotea@database.it
 Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
 Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre



IOP DE 3.5 - MOD PROD 11 B19b REV3



GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE

SAMPLE DESCRIPTION

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 14688-1/2 - Racc. AGI

Technical specification

Certificato - *Test report*

Verbale - *Acceptance report*

Committente - *Commissioner*

Località - *Locality*

Cantiere - *Site*

Sondaggio - *Borehole*

Campione - *Sample*

Profondità - *Depth*

Data ricevimento - *Receiving date*

Data inizio prove - *Test starting date*

Data fine prove - *Test ending date*

Data certificazione - *Report date*

Data apertura campione - *Sample opening date*

Classe campione - *Sample quality*

2111- 22.012- 003

2111

CLASSEDIL SRL

LUGO (RA)

SCUOLA STOPPA- VIA FRAT. CORTESI

S1

CI2

6.00- 6.50 m

29/12/2021

03/01/2022

06/01/2022

11/01/2022

03/01/2022

Q4





PARTICLE SIZE ANALYSIS

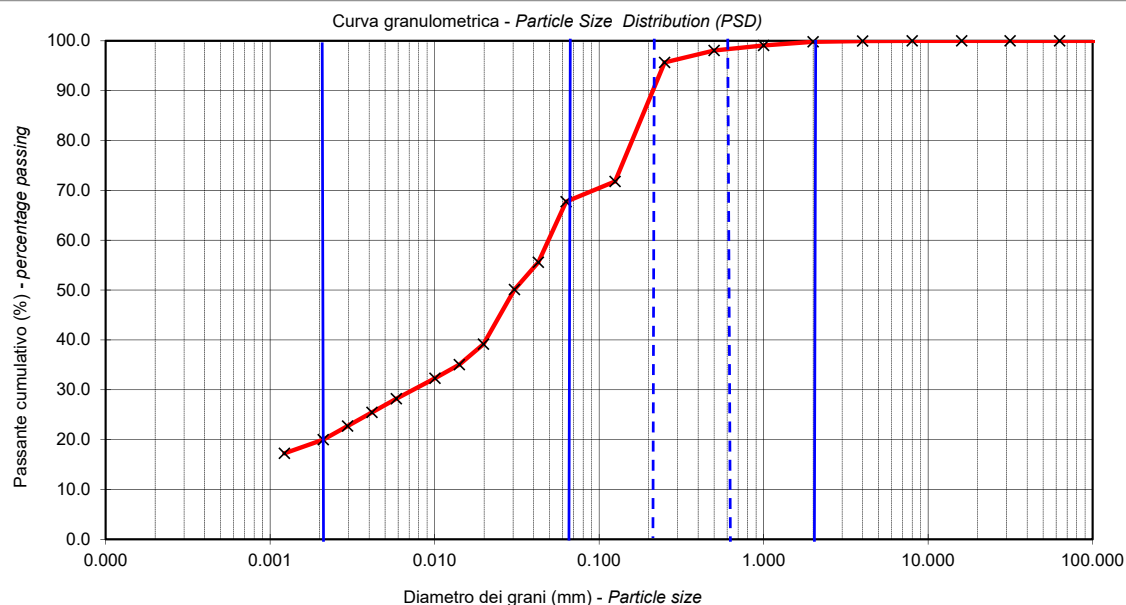
Normativa di rif: UNI CEN ISO/TS 17892-4 CNR UNI A. V n° 23

Technical specification

Data apertura campione - *Sample opening date*

03/01/2022

| | | | | | | | | |
|-----------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------|-----------------|--------------------|--------------------|--------------|
| Setaccio (mm) | Peso (g) | Passante (%) | Diametro (mm) | | Lettura | Passante (%) | | |
| Sieve diameter | Mass retained | Percentage passing | Particle size | | Data | Percentage passing | | |
| 125 | 0.00 | 100.00 | 0.043 | | 24.0 | 55.57 | | |
| 63 | 0.00 | 100.00 | 0.031 | | 22.0 | 50.10 | | |
| 31.5 | 0.00 | 100.00 | 0.020 | | 18.0 | 39.15 | | |
| 16 | 0.00 | 100.00 | 0.014 | | 16.5 | 35.04 | | |
| 8 | 0.00 | 100.00 | 0.010 | | 15.5 | 32.30 | | |
| 4 | 0.37 | 99.96 | 0.006 | | 14.0 | 28.20 | | |
| 2 | 1.28 | 99.80 | 0.004 | | 13.0 | 25.46 | | |
| 1 | 6.06 | 99.07 | 0.0030 | | 12.0 | 22.72 | | |
| 0.5 | 8.34 | 98.06 | 0.0021 | | 11.0 | 19.99 | | |
| 0.25 | 19.77 | 95.67 | 0.0012 | | 10.0 | 17.25 | | |
| 0.125 | 197.41 | 71.78 | | | | | | |
| 0.063 | 33.55 | 67.73 | | | | | | |
| Granulometria A.G.I. | Ghiaia (%) | 0.93 | Sabbia (%) | 33.14 | Limo (%) | 46.27 | Argilla (%) | 19.66 |
| <i>PSD</i> | <i>Gravel</i> | | <i>Sand</i> | | <i>Silt</i> | | <i>Clay</i> | |

 D_{10} (mm)

| | |
|----------------------------|-------|
| D₆₀ (mm) | 0.050 |
|----------------------------|-------|

Agente disperdente - *dispersing agent*: Sodium hexametaphosphate

temperatura di prova (°)- *temperature* 21

Note - Remarks

Direttore *Manager*

Sperimentatore Technician

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

IOP DE 3.5 - MOD PROD 11 B19b REV3